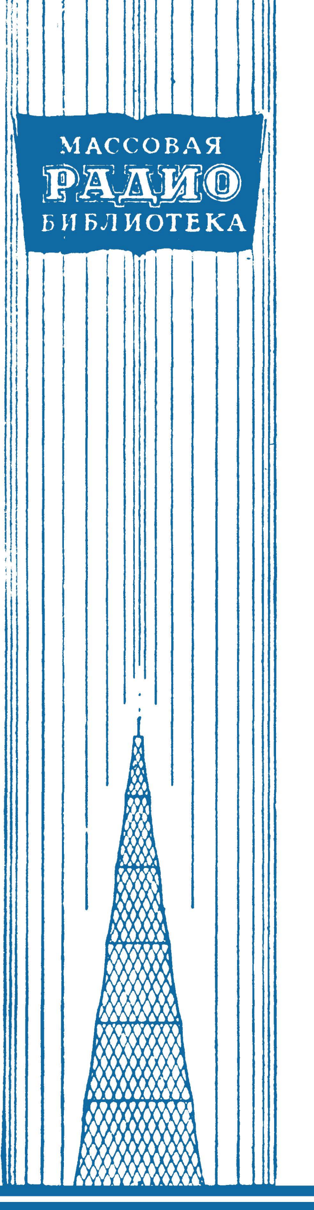
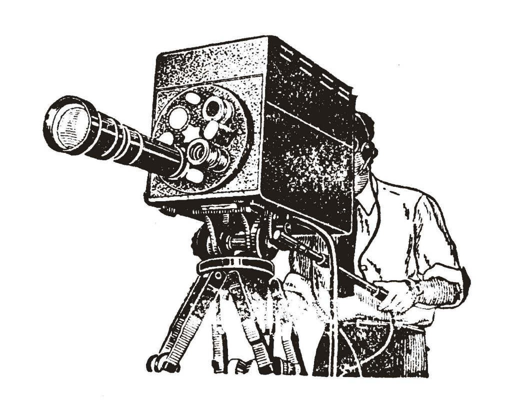


Г. И. БЯЛИК

ТЕХНИКА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЧ





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
1954

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 205

Г. И. БЯЛИК

ТЕХНИКА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЧ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. Берг, И. С. Джигит, О. Г. Елин, А. А. Куликовский, Б. Н. Можжевелов, А. Д. Смирнов, Ф. И. Тарасов, Б. Ф. Трамм, П. О. Чечик и В. И. Шамшур.

Книга рассчитана на читателей, знакомых с основами радиотехники и телевидения, желающих ознакомиться с техникой телевизионных передач. В ней рассматриваются основные принципы и схемы, используемые в передающей телевизионной аппаратуре.

Автор *Гавриил Иосифович Бялик* — „Техника телевизионных передач"

* * *

Редактор *М. И. Кривошеев* Технич. редактор *И. М. Скворцов*

Сдано в набор 20/IV 1954 г. Подписано к печати 15/IX 1954 г.
Бумага 84/108/32 Тираж 25 000 экз. 4,92 п. л. Уч.-изд. 5,5.
Т 06029 Цена 2 р. 20 к. Зак. 1198.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

«Глаз является самым чувствительным органом общения человека с внешней средой» — писал в одной из своих работ академик Иван Петрович Павлов. Действительно, большинство впечатлений об окружающем нас многообразном материальном мире мы получаем с помощью органа зрения. Поэтому вполне естественно стремление расширить возможности зрения для более совершенного познания и преобразования природы

Глаз является весьма совершенным прибором в оценке светового качества предметов. Мы можем оценивать в виде *света* излучения, отличающиеся друг от друга по мощности в миллионы раз, замечать до 200 цветовых оттенков и около 600 яркостных различий одноцветных предметов, рассматривать планеты, удаленные от глаза на значительные расстояния.

Однако, несмотря на все совершенство глаза, ограниченная острота зрения, иначе разрешающая способность, ставит предел отчетливому видению предметов. Удалите читаемую вами книгу на расстояние нескольких метров от глаза и четкий шрифт как бы сольется, лишая вас возможности читать.

Возможности зрения ограничены также самой природой распространения света, так как вследствие прямолинейности его распространения в однородной среде не представляется возможным рассматривать предметы или события, прикрытые для глаза наблюдателя непрозрачной преградой.

С помощью *телевидения* — величайшего достижения современной техники — оказывается возможным преодолеть эти недостатки нашего зрения и рассматривать предметы сквозь непрозрачные препятствия так, как будто бы сам наблюдатель находится на очень близком расстоянии от них.

Телевидение позволяет передавать изображения движущихся предметов путем преобразования световой энергии в электрическую, передачи последней по проводам или с помощью радиоволн к наблюдателю и обратное преобразование электрической энергии в световое изображение предметов.

Наибольшее распространение в настоящее время получило телевизионное радиовещание, расширившее стены лекционных аудиторий, театров и стадионов до такой степени, что число зрителей, одновременно наблюдающих события, увеличилось в десятки тысяч раз.

Телевидение начинает все шире внедряться в промышленность и в науку, — применяется для дистанционного наблюдения за производственными процессами, опасными для жизни человека, для контроля подводных сооружений и т. д.

По мере развития техники телевидение будет все прочнее входить в быт и в обиходные средства научных лабораторий, в практику промышленных предприятий и строительства.

Первые разработки в области телевидения стали возможными после того, как в середине 19 в. был открыт так называемый *фотоэлектрический эффект*, заключающийся в возникновении или изменении электрического тока в цепи под действием света, падающего на один из элементов этой цепи. Так, в 1839 г. было установлено, что при падении света на границу металл — электролит возникает э. д. с. (фотогальванический эффект). В 1873 г. обнаружились свойства селена, заключающиеся в изменении электрического сопротивления под действием света (внутренний фотоэффект), а в 1875 г. появился фантастический проект создания искусственной модели глаза.

Светочувствительная поверхность глаза (сетчатая оболочка), расположенная в глубине глазного яблока, обладает *мозаичной* структурой. Сетчатка состоит из нескольких миллионов отдельных светочувствительных элементов (палочек и колбочек). Попадание света на эти элементы вызывает в последних физико-химическую реакцию, ощущаемую мозгом как световое раздражение. Каждый светочувствительный элемент связан с мозговым зрительным центром с помощью нерва. Реакция же каждого из светочувствительных элементов в известной мере независима от светового раздражения остальных элементов. Таким образом, рассматриваемые изображения воспринимаются глазом в виде отчетливых точек. Если две яркие точки, спроектированные опти-

ческой системой глаза на сетчатую оболочку, расположены настолько близко, что промежуток между ними меньше размеров одного светочувствительного элемента, то точки раздельно заметить нельзя [1].

В упомянутом проекте предлагалось укрепить на панели, установленной на передающей стороне, большое число мелких селеновых фотоэлементов, а на приемной стороне — соответствующее число источников света, например мелких лампочек, расположив их на такой же панели. Каждый фотоэлемент и соответствующую ему лампочку предполагалось соединить проводами, а в цепь включить батареи.

Под действием света, отражаемого предметом на панель с фотоэлементами, каждый из них должен был изменять свое сопротивление пропорционально освещенности, что повлекло бы за собой изменение тока в соответствующей цепи и изменение яркости свечения той или иной лампочки на приемной панели. Таким образом, предполагалось осуществить систему передачи изображений на расстояние.

Конечно, практически осуществлять такую систему не было смысла, так как для отчетливой передачи хотя бы контуров предметов нужно было бы изготовить и укрепить нескольких тысяч отдельных фотоэлементов и лампочек и соединить их соответствующим числом проводов. Удалить приемник от передатчика на значительное расстояние при таком множестве проводов также нельзя Поэтому эта идея оказалась практически бессмысленной

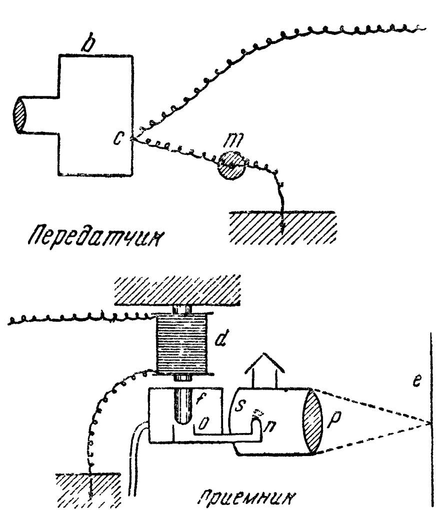
Технически грамотное для своего времени решение проблемы передачи изображений на расстояние было предложено в 1880 г. двадцатилетним юношей Порфирием Ивановичем Бахметьевым, выходцем из крепостной семьи, ставшим впоследствии профессором Софийского, а затем Московского народного университетов. В более поздние годы П. И. Бахметьев стал известным по замечательным исследованиям в области биологии.

«Электрический телефотограф» Бахметьева состоял из двух основных частей — передающей камеры и приемника, связанных между собой только *одной* проводной линией (фиг. 1). Принцип действия системы был основан на свойстве зрительного аппарата сохранять ощущение некоторый промежуток времени после прекращения освещения. На

[1] Ограниченная разрешающая способность в равной мере определяется и несовершенством оптической системы глаза.

этом свойстве, как известно, основаны кинематограф и современное телевидение.

В системе было предусмотрено *последовательное* преобразование изображения в изменяющийся во времени ток и соответствующее *последовательное* преобразование изменений тока в изменения яркости свечения определенных точек приемного экрана, что также нашло применение в современном телевидении.



Фиг. 1. Чертежи П. И. Бахметьева, поясняющие принцип действия системы передачи и приема изображений, которую он предложил в 1880 г.

b — камера; *c* — селеновый фотоэлемент; *m* — батарея гальванических элементов; *d* — электромагнит, *f* — стержень, регулирующий доступ газа; *o* — трубка с коническим раструбом, *n* — горелка; *s* — зеркало; *p* — линза; *e* — прозрачный экран.

Передатчик Бахметьева по форме напоминал фотографическую камеру. В передней ее стенке укреплялся объектив, посредством которого изображение передаваемого предмета проектировалось на заднюю внутреннюю поверхность камеры, где устанавливались направляющие полоски, по которым в особой оправке перемещался миниатюрный селеновый фотоэлемент. По определению Бахметьева, размеры фотоэлемента должны были быть «с булавочную головку». Перемещаясь по направляющим, фотоэлемент совершал непрерывное движение по спирали. Витки спирали вплотную примыкали друг к другу, а потому за один цикл все поле изображения оказывалось последовательно «просмотренным» фотоэлементом.

Скорость движения фотоэлемента предусматривалась достаточно большой, соизмеримой с временем зрительной памяти. Весь цикл движения по спирали продолжался $^1/_5$ сек. В соответствии с изменением светового потока, падавшего на фотоэлемент при его движении, т. е. в соответствии с распределением освещенности передаваемого изобра-

жения, изменялся фототок в цепи вследствие изменения сопротивления миниатюрного фотоэлемента, включенного в цепь.

На приемном конце проводная линия от передатчика подключалась к обмотке электромагнита. Бахметьев весьма просто и остроумно разрешил проблему преобразования изменений электрического тока в изменения яркости свечения источника света. Роль последнего выполняла миниатюрная газовая горелка, которая, как известно, может создавать очень яркий точечный свет, значительно более яркий, чем лампы накаливания в те времена. Кроме того, в газовых светильниках можно было получить прямо пропорциональную зависимость между количеством подводимого газа и яркостью свечения.

Газ к горелке поступал из камеры через трубку с коническим раструбом. С этой трубкой соприкасался конический стержень, соединенный с электромагнитом. Таким образом, в соответствии с изменением фототока в линии изменялось стверстие для прохождения газа к горелке, а в связи с этим изменялась яркость свечения пламени.

Горелка была укреплена на плоскости со спиральными направляющими полосками и непрерывно перемещалась особым приводным механизмом с той же скоростью, что и фотоэлемент в передатчике. Фазы движения также были согласованы. Перед горелкой располагался объектив, проектировавший свет пламени горелки в виде точки на экран. Таким образом, изменения освещенности передаваемых изображений воспроизводились в виде аналогичных изменений яркости соответствующих точек приемного экрана.

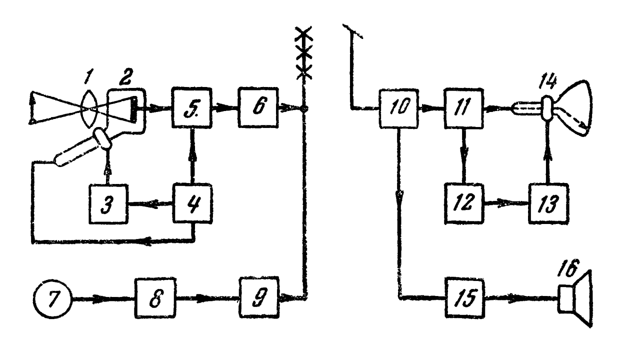
«Телефототелеграф» Бахметьева как по принципу действия, так и по составным его частям, явился первым прообразом современной системы передачи изображений.

Открытие внешнего фотоэлектрического эффекта, заключающегося в испускании электронов некоторыми веществами под действием света, и изучение закономерностей этого эффекта, осуществленное А. Г. Столетовым в 90-х годах прошлого столетия, позволили создать безинерционный фотоэлемент, который лежит в основе передающих телевизионных трубок.

Основные принципы построения современных передающих трубок, которые мы рассмотрим ниже, были разработаны советскими учеными С. И. Катаевым, П. В. Шмаковым, П. В. Тимофеевым, Г. В. Брауде и др.

Задачу обратного преобразования электрических сигналов в видимое изображение успешно решил еще в 1907 г. русский ученый Б. Л. Розинг, применивший для этой цели электронно-лучевую трубку.

Упрощенная схема современной системы телевидения приведена на фиг. 2. С помощью объектива передаваемая сцена проектируется на фоточувствительную поверхность передающей трубки, на которой создается так называемый



Фиг. 2. Схема современной системы телевизионного вещания.

1 — объектив; *2* — передающая трубка; *3* — развертывающие устройства; *4* — генератор сигналов синхронизации; *5* — усилитель; *6* — радиопередатчик сигналов изображения; *7* — микрофон; *8* — усилитель; *9* — радиопередатчик звукового сопровождения; *10* — телевизионный приемник; *11* — усилитель; *12* — устройство для формирования сигналов синхронизации; *13* — развертывающие устройства; *14* — приемная трубка; *15* — приемник звукового сопровождения; *16* — громкоговоритель.

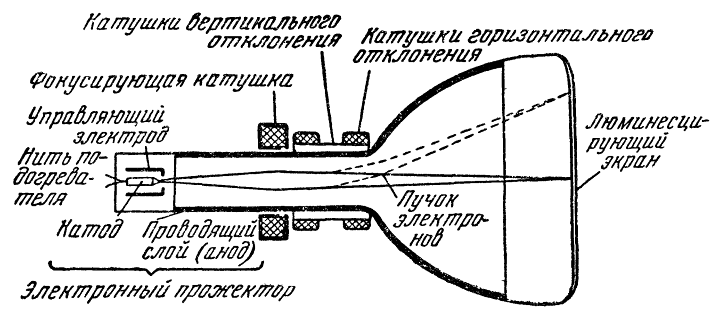
потенциальный рельеф электрических зарядов; потенциал каждой точки поверхности пропорционален распределению на ней светлых и темных участков изображения.

Генераторы развертки осуществляют перемещение узкого электронного пучка, снимающего заряды с фоточувствительной поверхности. Сигналы изображения, возникающие на выходе передающей трубки, подводятся к усилителю и после усиления модулируют телевизионный радиопередатчик. Высокочастотные колебания, промодулированные сигналами изображения, излучаются в пространство.

Для звукового сопровождения телевизионных передач предусматриваются микрофоны, усилители и отдельный радиопередатчик, работающий на общую антенну с телевизионным передатчиком.

Основным элементом телевизионного приемника является приемная электронно-лучевая трубка.

В узкой горловине стеклянного баллона (фиг. 3) расположен электронный прожектор — устройство, создающее пучок сконцентрированных электронов, вылетающих из прожектора в направлении передней поверхности трубки, которая покрыта тонким слоем неорганического вещества (оксиды и сульфиды цинка и других металлов), обладающего способностью светиться под воздействием электронной бомбардировки (катодолюминесценция). Интенсивность свечения экрана прямо пропорциональна плотности элек-



Фиг. 3. Схема устройства приемной электронно-лучевой трубки

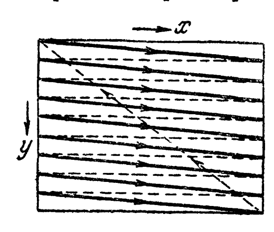
тронного пучка; чем больше электронов попадает на данный участок поверхности и чем больше их скорость, тем ярче светится этот участок экрана. Скорость электронов определяется потенциалом анода, выполняемым в виде проводящей пленки, покрывающей внутреннюю поверхность колбы, а количество электронов определяется потенциалом управляющего электрода (цилиндра с отверстием), окружающего катод.

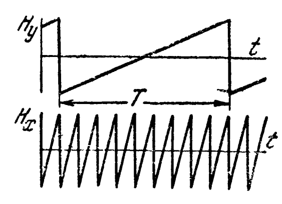
На пути между электронным прожектором и экраном устанавливаются дополнительные электроды или катушки, предназначенные для фокусировки (концентрации) и отклонения электронного пучка. Движение электронного пучка, осуществляющего *развертку* в приемной трубке, строго согласовано с движением электронного пучка в передающей трубке, поэтому на приемном экране распределение яркостей соответствует распределению освещенностей передаваемой сцены

С помощью развертки передаваемое изображение разлагается на отдельные *строки*, совокупность которых образует

телевизионный *растр* (фиг. 4). Развертка изображения происходит весьма быстро, так что за время одного цикла глаз наблюдателя еще не утратит световое ощущение, созданное за предыдущий цикл, поэтому изображение получается слитным и возможна передача движущихся объектов.

Электронные пучки в передающей и приемной трубках в процессе развертки равномерно перемещаются слева направо в горизонтальном направлении и, прочертив строку, мгновенно возвращаются в исходное положение. Затем после некоторого смещения вниз вновь движутся слева направо по горизонтали. Прочертив самую нижнюю строку, они быстро возвращаются в верхний левый угол растра, и цикл (кадр) развертки повторяется снова.





Фиг. 4. Под воздействием магнитных полей H_x и H_y, изменяющихся по пилообразному закону, электронный пучок прочерчивает на экране трубки растр из параллельных линий (строк).

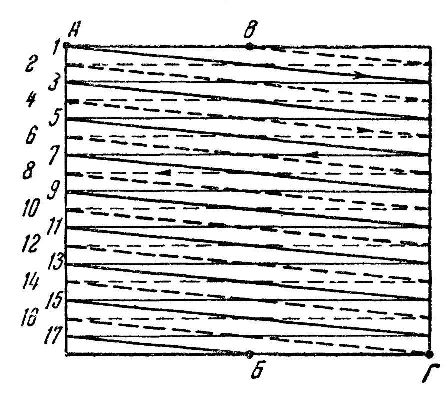
Описанный закон перемещения электронных пучков в передающей и приемной трубках достигается использованием и в передатчике и в приемнике развертывающих устройств. Последние обычно включают в себя генераторы пилообразного тока для *вертикального* (кадрового) H_y и *горизонтального* (строчного) H_x отклонений пучка, а также две пары катушек индуктивностей, называемые *отклоняющими катушками*, каждая из которых присоединяется к соответствующему генератору.

Для обеспечения жесткой связи между обоими пучками генераторы развертки в приемнике управляются специальными синхронизирующими импульсами, передаваемыми совместно с сигналами изображения.

Для того чтобы принимаемое изображение воспринималось слитным, т. е. чтобы у наблюдателя не было ощущения мерцающего света, необходимо, чтобы весь цикл развертки осуществлялся за время порядка $^1/_{50}$ сек. В советской системе телевизионного вещания число строк развертки выбрано равным 625. Такое число строк при рассматривании изображений с расстояния, равного шести—восьми высотам экрана, ввиду ограниченной разрешающей способности

глаза обеспечивает неразличимость строчной структуры изображения.

Конечно, с помощью современной электронной техники возможно осуществить столь быструю развертку, чтобы за $^1/_{50}$ сек. электронный луч прочертил 625 горизонтальных строк. Однако для упрощения аппаратуры желательно уменьшать скорость развертки. При этом упрощаются не только развертывающие устройства, но, что особенно важно, сужается полоса частот, которую должен неискаженно воспроизводить весь телевизионный тракт. Просто уменьшить скорость развертки нельзя, ибо при этом появится неприятное для зрителя мерцание изображения. Однако критическая частота мерцания, т. е. частота вспышек света, при которой глаз перестает их раздельно замечать, зависит не только от яркости источника, но и от *последовательности,* в которой засвечивается поверхность. Оказывается, что если производить засвет поверхности не точка за точкой, строка за строкой, а так, чтобы между последовательно освещаемыми участками оставались темные промежутки, которые засвечиваются в следующий цикл развертки, то критическая частота мерцаний уменьшается. Опытами установлено, что частоту кадров можно снизить до 25 в секунду. При этом в первом полукадре, например, передаются все четные строки (фиг. 5), а в следующем полукадре — все нечетные строки, длительность каждого полукадра равна $^1/_{50}$ сек., а все 625 строк передаются в $^1/_{25}$ сек. Такой способ развертки принят в нашей системе и называется *чересстрочным.*



Фиг. 5. Движение светящегося пятна по экрану трубки при чересстрочной развертке.

А — начало прямого хода в нечетном полукадре; *Б* — окончание прямого хода в нечетном полукадре; *В* — начало прямого хода в четном полукадре; *Г* — окончание прямого хода в четном полукадре.

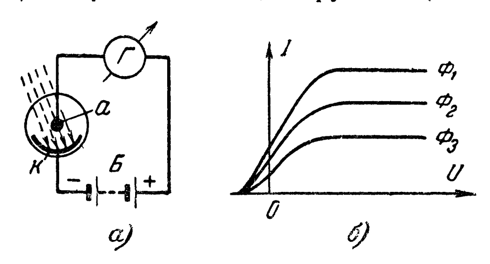
ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПОЛУЧЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Сигналы изображения (*видеосигналы*) создаются передающими телевизионными трубками в результате преобразования световой энергии в электрическую. Рассмотрим некоторые законы фотоэффекта и вторичной эмиссии, знание которых необходимо для уяснения работы передающих трубок.

Внешний фотоэффект

Внешний фотоэлектрический эффект можно обнаружить, если поместить в стеклянный баллон, из которого откачан воздух, два металлических электрода, соединив один из них *к* (катод) с отрицательным, а другой *a* (анод) — с положительным полюсом батареи *Б* (фиг. 6,*а*). Стрелка гальванометра *Г*, включенного в цепь, будет отклоняться в том случае, когда катод *освещается* извне, причем отклонение стрелки будет тем бо́льшим, чем больше световой поток, падающий на катод.



Фиг. 6. Внешний фотоэффект.

а — схема опыта для исследования внешнего фотоэффекта; *б* — вольтамперные характеристики внешнего фотоэффекта при различных величинах светового потока ($\Phi_1 > \Phi_2 > \Phi_3$).

Объяснение этого факта вкратце сводится к следующему.

Как известно, в металлах имеется значительное количество движущихся, так называемых *свободных электронов*, связи которых с атомными ядрами непрерывно нарушаются. Скорость движения, а значит и энергия электронов, при нормальных температурных условиях недостаточна для того, чтобы электроны преодолели поверхностные силы потенциального барьера и вырвались из толщи вещества.

Однако под влиянием энергии, сообщенной веществу извне, скорость свободных электронов возрастает и может оказаться достаточной для того, чтобы, преодолев потенциальный барьер на границе вещества, электроны вырвались наружу. Необходимую для этого энергию можно сообщить веществу несколькими способами, например путем нагревания, как это имеет место в любой электронной лампе, где раскаленный катод испускает электроны. При падении на поверхность света часть энергии световых волн поглощается веществом, что также проявляется в увеличении скорости свободных электронов. Вырвавшиеся из катода электроны могут достичь анода, а тогда появится ток, отмечаемый гальванометром. Однако часть электронов может не достигнуть анода и снова попасть на поверхность катода или остаться в виде отрицательного объемного заряда, препятствуя дальнейшему вылету электронов.

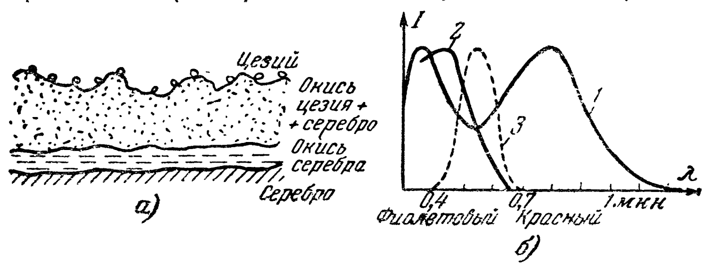
Количество электронов, достигающих анода, зависит от разности потенциалов между анодом и катодом. Если эта разность равна нулю, то анода достигнут лишь немногие электроны, обладающие наибольшими скоростями. Однако если начать увеличивать положительное анодное напряжение, то величина тока будет возрастать. Под действием сил электрического поля электроны из объемного заряда будут ускоряться в направлении анода и попадать на него. При дальнейшем увеличении анодного напряжения, если только световой поток остается неизменным, наступает состояние насыщения фотоэлектрической эмиссии, при котором все вырывающиеся электроны достигают анода (фиг. 6,*б*).

А. Г. Столетовым был установлен важнейший закон фотоэффекта, гласящий, что *сила насыщенного фототока прямо пропорциональна интенсивности падающего на катод света.*

По мере уменьшения частоты падающего света, скажем при изменении цвета от фиолетового к красному, фототок будет уменьшаться. Для каждого вещества существует определенная «красная» граница фотоэффекта, т. е. эмиссия электронов будет наблюдаться лишь в том случае, если частота света, падающего на поверхность фотокатода, будет выше «красной» границы.

Так как в телевидении фотоэффект используется для преобразования изображений, видимых человеческим глазом, то в качестве фотокатодов могут использоваться лишь те вещества, у которых «красная» граница находится дей-

ствительно в красной или инфракрасной части спектра, а не в синей или фиолетовой. К таким веществам относится металл цезий, а также соединения цезия или калия с другими веществами. Распространенным является кислородно-цезиевый фотокатод на серебряной подкладке, микроструктура которого иллюстрируется фиг. 7,*а*. На фиг. 7,*б* показаны спектральные характеристики этого фотокатода (кривая *1*)



Фиг. 7. Микроструктура кислородно-цезиевого фотокатода на серебряной подкладке (*а*) и спектральные характеристики кислородно-цезиевого фотоэлемента *1*, сурьмяно-цезиевого фотоэлемента *2* и человеческого глаза *3* (*б*).

и более чувствительного сурьмяно-цезиевого катода (кривая *2*); там же приведена (пунктиром) кривая *3* чувствительности глаза к различным по длине волны световым лучам.

Чувствительность наиболее совершенных сурьмяно-цезиевых фотокатодов составляет величину более 100 *мка* на 1 *лм* белого (солнечного) света.

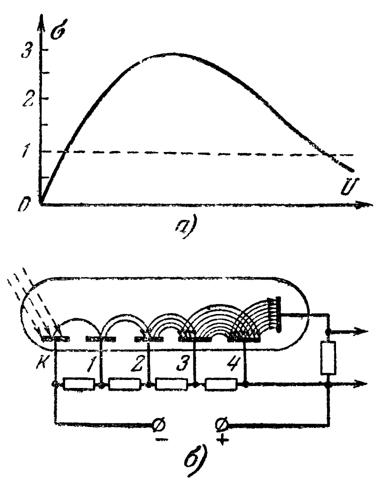
Вторичная эмиссия

Если электроны падают с большой скоростью на анод или вообще на какую-нибудь поверхность, расположенную в вакууме, то энергия, сообщаемая при этом веществу, может быть достаточной для того, чтобы выбить из него большее число электронов, чем их упало на поверхность. Вторичная электронная эмиссия оценивается отношением числа выбитых (вторичных) электронов к числу упавших (первичных) электронов. Это отношение, называемое *коэффициентом вторичной эмиссии,* становится больше единицы лишь при определенной для данного вещества скорости первичных электронов, измеряемой обычно в вольтах.

На фиг. 8,*а* приведена типичная характеристика зависимости коэффициента вторичной эмиссии σ от скорости бом-

бардирующих электронов. При малых скоростях коэффициент вторичной эмиссии меньше единицы; при увеличении скорости он начинает расти и, пройдя через значение, равное единице, достигает максимума. Дальнейшее увеличение скорости первичных электронов приводит к уменьшению вторичной эмиссии, ибо энергия падающих электронов настолько велика, что они проникают глубоко в толщу вещества и основная часть вторичных электронов при движении к поверхности, не преодолев потенциального барьера, не выходит наружу

Явление вторичной эмиссии используется как эффективное средство усиления фототоков. Советскими учеными Л. Кубецким, П. В. Тимофеевым и С А. Векшинским были сконструированы фотоэлементы с многократным умножением фототока (фотоумножители). Схема одного из таких приборов поясняется на фиг. 8,*б*. Пластинка *К* — обычный фотокатод, с которого под действием света вырываются электроны Цифрами *1—4* обозначены вторично эмиттирующие поверхности Разности потенциалов между последовательными поверхностями выбраны так, что коэффициент вторичной эмиссии каждой из них больше единицы Так, если на первую поверхность попадет с фотокатода n электронов, то из нее вырвется $\sigma \cdot n$ электронов; из второй поверхности вырвется $\sigma \cdot n \cdot \sigma = \sigma^2 \cdot n$, а если имеется m поверхностей, то число электронов увеличится до $\sigma^m \cdot n$



Фиг. 8. Кривая зависимости коэффициента вторичной электронной эмиссии от скорости бомбардирующих электронов (*а*) и схема устройства фотоумножителя (*б*).

Вторичная эмиссия имеет место не только при бомбардировке проводников, но также полупроводников (например, стекла) и диэлектриков В качестве характерного примера можно указать на обычную электронно-лучевую трубку, в которой экран является диэлектрической поверхностью, бомбардируемой электронами. Если скорость бомбардирующих электронов мала и $\sigma < 1$, то в точке бомбардировки

будут накапливаться отрицательные заряды. Понижение потенциала этой точки будет тормозить подходящие к ней электроны. Потенциал экрана установится равным потенциалу катода, а электроны, не достигнув экрана, повернут к аноду и свечения не будет. Скорость электронов выбирается такой, чтобы коэффициент вторичной эмиссии был больше единицы. Тогда в начале бомбардировки потенциал экрана начнет повышаться, ибо в точке бомбардировки будет недостаток электронов и вторичные электроны устремятся к аноду трубки. Однако повышение потенциала экрана будет происходить лишь до тех пор, пока он не станет равным потенциалу анода. Любое превышение потенциала экрана над анодным означало бы появление задерживающего поля и возврат электронов на экран.

Таким образом, «свободная» диэлектрическая поверхность при электронной бомбардировке со скоростями, при которых $\sigma > 1$, заряжается примерно до потенциала анода, а число вторичных электронов автоматически поддерживается равным числу первичных электронов.

Иконоскоп

Передающая трубка, известная в настоящее время под названием *иконоскоп*[1], была предложена в 1931 г. советским ученым проф. С. И. Катаевым. Внешний вид современного иконоскопа и схематическое его изображение приведены на фиг. 9.

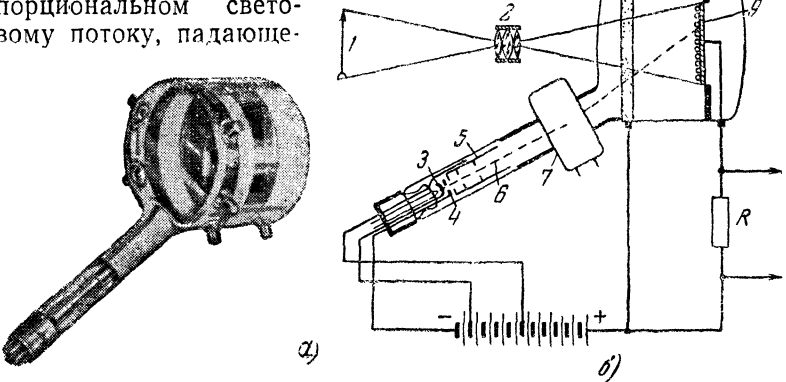
Иконоскоп представляет собой стеклянный баллон, из которого откачан воздух. Внутри баллона расположены электронный прожектор и мозаика. В большинстве образцов иконоскопов фокусировка электронного пучка осуществляется электростатически. Продолжение второго анода в виде кольцеобразного проводящего покрытия нанесено на внутреннюю поверхность колбы, вблизи мозаики. Это покрытие является коллектором (уловителем) фото- и вторичных электронов, эмиттируемых мозаикой при освещении и при бомбардировке электронным пучком.

Мозаика представляет собой тонкую слюдяную пластинку толщиной 0,02—0,04 *мм*, покрытую с одной стороны сплошной металлической пленкой, образующей так называемый *сигнальный электрод*, а с другой стороны — огромным

[1] „Икон" — по-гречески изображение, „скопио" — смотреть.

числом изолированных друг от друга мелких серебряных зерен. Зернистая структура получается путем испарения на слюду серебра с последующей температурной обработкой, при которой сплошной слой серебра «сворачивается» в отдельные мельчайшие зерна. Покрытие зерен цезием делает их фоточувствительными.

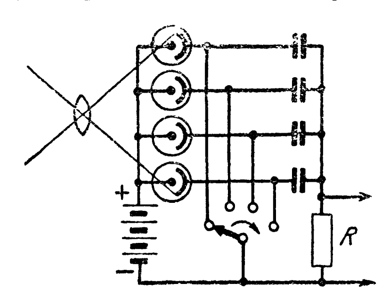
Каждое зерно мозаики можно рассматривать как миниатюрный фотокатод, с которого под действием света испускаются электроны в количестве, прямо пропорциональном световому потоку, падающему на данное зерно. В то же время каждое зерно, отделенное от сигнального электрода слюдой, образует с ним элементарный *конденсатор*. При падении света на изолированное зерно из него вырываются электроны, а значит на конденсаторе начинает *накапливаться* электрический *заряд*.



Фиг. 9. Внешний вид (*а*) и схема устройства иконоскопа (*б*).
1 — передаваемое изображение; 2 — объектив; 3 — катод; 4 — управляющий электрод; 5 — анод электронного прожектора; 6 — электронный пучок; 7 — отклоняющая система; 8 — коллектор (собирающий электрод); 9 — мозаика.

Электронный пучок в соответствии с принятым порядком разложения прочерчивает всю поверхность мозаики и периодически на некоторое время покрывает каждое из зерен; этот пучок можно рассматривать как скользящий контакт, замыкающий на короткие промежутки времени элементарные участки цепи (фиг. 10). В то время, когда пучок попадает на зерно, элементарный конденсатор разряжается. Ток разряда, протекая по сопротивлению R, включенному в цепь, создает на нем падение напряжения, пропорциональное току, а значит и заряду на конденсаторе.

Зерна, на которые падает больший световой поток, испускают электроны интенсивнее, чем зерна, соответствующие темным участкам изображения, и потому распределение потенциала на мозаике в точности соответствует распределению освещенности сфокусированного изображения. Участки, соответствующие большей освещенности, имеют более положительный потенциал и наоборот. Таким образом, при развертке величина разрядного тока все время меняется в соответствии с изменениями освещенности изображения.



Фиг. 10. Схема, поясняющая принцип накопления электрических зарядов в передающей телевизионной трубке.

Важной особенностью описанной схемы является использование в ней принципа *накопления* электрического разряда. Преобразование света в электрический сигнал осуществляется здесь в *каждом* элементе зерно — конденсатор в течение времени, равного периоду передачи кадра. Поэтому, если считать число передаваемых элементов изображения — N, то разряд каждого элементарного конденсатора через нагрузочное сопротивление происходит в N раз быстрее, чем его заряд, т. е. разрядный ток, вызванный каждым элементарным конденсатором и являющийся током сигнала, оказывается в N раз больше соответствующего зарядного фототока.

Использование принципа накопления при одинаковом числе передаваемых элементов изображения позволяет вести передачу при освещенности в N раз ниже, чем при системах с поочередной передачей элементов (система Бахметьева, система с диском Нипкова и др.).

Однако приведенное выше описание работы иконоскопа является идеализированным, так как в нем не учитывались явления вторичной эмиссии и ненасыщенность фотоэмиссии с мозаики. В действительности лишь небольшая часть фотоэлектронов достигает коллектора. Бóльшая их часть вследствие недостаточного отсасывающего поля коллектора образует у поверхности мозаики отрицательный объемный заряд, который в значительной мере препятствует дальнейшему

вылету электронов. Обычно фототок с мозаики примерно в 5 раз меньше тока в условиях насыщения.

Развертывающий пучок бомбардирует мозаику со скоростью, при которой коэффициент вторичной эмиссии больше единицы (напряжение порядка 1 000 *в*), но вторичные электроны лишь частично достигают коллектора — основное их количество (примерно 75%) оседает на соседние участки мозаики, уменьшая их потенциал. Участок мозаики, который в данный момент бомбардируется, приобретает обычно неизменный положительный потенциал (приблизительно +3 *в*).

Вторичная эмиссия с различно освещенных участков мозаики неодинакова. С тех участков, которые освещены сильнее и обладают более положительным потенциалом, ток вторичной эмиссии будет меньшим; со слабо освещенных участков вторично-эмиссионный ток будет бóльшим. Поскольку весь вторично-эмиссионный ток будет изменяться в соответствии с потенциальным рельефом, то и та его часть, которая достигает коллектора и образует видеосигнал, также будет изменяться в соответствии с изменением освещенности изображения. Видеосигнал будет *негативным* отображением изменения освещенности (при увеличении освещенности сигнал уменьшается и наоборот).

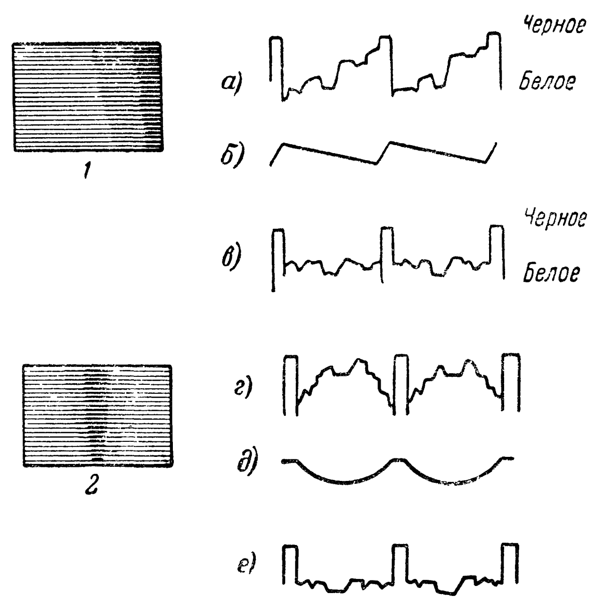
В результате ненасыщенности тока фотоэмиссии, а также вследствие того, что из общего числа вторичных электронов примерно только одна четвертая часть достигает коллектора, чувствительность реальной трубки примерно в 20 раз ниже чувствительности, которую можно было бы ожидать при идеализированном рассмотрении принципов работы иконоскопа.

Иконоскопу свойственны искажения, известные под названием *черного пятна*. Мы уже отмечали, что значительная часть вторичных электронов осаждается обратно на мозаику. Под влиянием различных факторов, главным из которых является специфическое расположение электродов (кольцевой коллектор ближе расположен к краям мозаики, чем к середине), количество осаждающихся электронов больше в центре, чем на краях. Интенсивное их осаждение в центре равнозначно уменьшению освещенности мозаики в центре. На приемном экране это проявляется в затемнении центральной части изображения.

Для уменьшения влияния сигналов черного пятна используются компенсирующие сигналы (фиг. 11) Конфигу-

рация черного пятна и его положение в кадре все время меняются. Это требует при эксплуатации наличия регулируемых напряжений и специального оператора, осуществляющего регулировку.

Еще одним недостатком иконоскопа являются геометрические искажения растра, вызываемые наклоном разверты-



Фиг. 11. Действие сигналов компенсации черного пятна.

1 — затемнен правый край изображения.

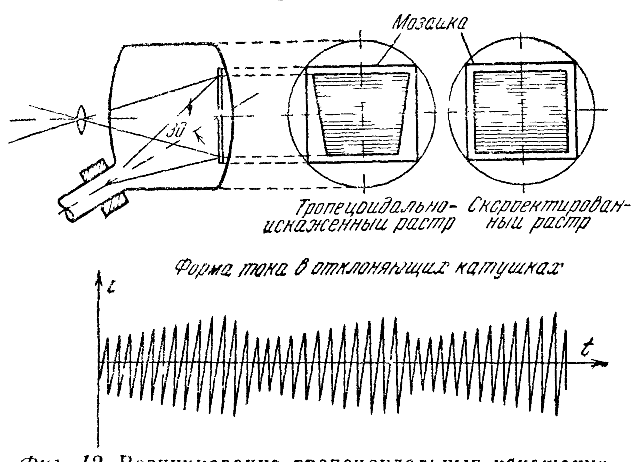
а — телевизионный сигнал с наличием черного пятна; *б* — компенсирующий сигнал; *в* — исправленный телевизионный сигнал.

2 — затемнена середина изображения.

г — телевизионный сигнал с наличием черного пятна; *д* — компенсирующий сигнал; *е* — исправленный телевизионный сигнал.

вающего луча по отношению к мозаике (фиг. 12). Верхние строки на мозаике находятся на большем расстоянии от центра отклонения, чем нижние строки, поэтому при одинаковом угловом смещении луча длина верхних строк будет больше, чем нижних, и растр принимает форму трапеции. Компенсация этих искажений достигается введением специального сигнала в катушки горизонтального отклонения, уменьшающего размах пилообразного тока при прочерчивании верхних строк.

Иконоскоп находит применение главным образом при передаче кинофильмов, когда создание значительной освещенности на мозаике не представляет больших трудностей



Фиг 12 Возникновение трапецоидальных искажений и их компенсация

Трубка Шмакова-Тимофеева

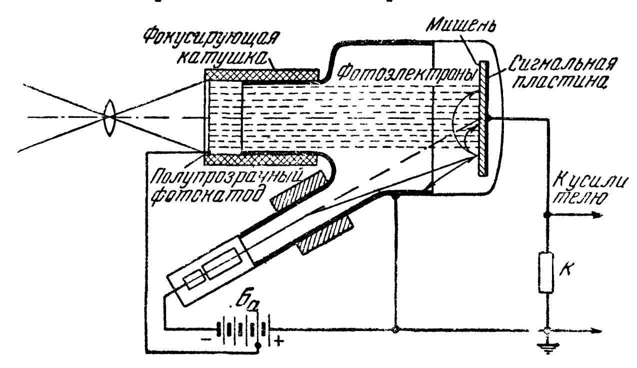
В 1933 г. советскими учеными П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым была предложена трубка, в которой в отличие от иконоскопа предусмотрено разделение функций фотоэлектрического преобразования и накопления зарядов, выполняемых в иконоскопе одной мозаикой

Сплошной полупрозрачный фотокатод (фиг. 13) нанесен с внутренней стороны передней плоской части колбы Параллельно плоскости фотокатода расположена *мишень* Она представляет собой тонкую слюдяную (диэлектрическую) или стеклянную (полупроводниковую) пластинку, покрытую с задней стороны тонкой металлической пленкой (сигнальный электрод).

На поверхность полупрозрачного фотокатода с помощью объектива проектируется передаваемое изображение, и фотокатод испускает внутрь трубки электроны, причем испускание электронов каждым участком поверхности пропорционально световому потоку, падающему на этот участок. Под действием сил электростатического поля электроны устремляются в направлении мишени. На выступающую вперед часть трубки надевается *фокусирующая катушка*,

по которой пропускается постоянный ток. Следовательно, в пространстве между фотокатодом и мишенью электроны движутся вдоль силовых линий магнитного поля, созданного катушкой, не отклоняясь в стороны.

Наличие равномерного магнитного поля приводит к тому, что плотность распределения электронов в любой плоскости сечения, параллельной мишени, в точности соответствует той плотности, с какой электроны покинули катод, т. е. распределение плотности электронов воспроизводит распределение освещенности передаваемого изображения.



Фиг. 13. Схема устройства трубки Шмакова-Тимофеева

Со стороны, обращенной к фотокатоду, мишень обычно покрыта мельчайшими, изолированными друг от друга зернами серебра или другого металла, обладающего высоким коэффициентом вторичной электронной эмиссии. Она может также ничем не покрываться (в этом случае используется вторичная эмиссия с диэлектрика или полупроводника).

Ударяясь в мишень с большой скоростью, каждый из фотоэлектронов выбивает несколько вторичных электронов и на мишени образуется распределение потенциалов, соответствующее распределению освещенности передаваемой сцены. Более светлым участкам соответствуют более положительные потенциалы мишени.

В остальном работа трубки сходна с работой иконоскопа. Развертывающий пучок доводит потенциал мишени до определенного постоянного значения, а вторично-эмиссионный ток оказывается промодулированным потенциальным рельефом. Часть вторичных электронов, попадающих на коллектор, образует сигнальный ток. Коллектор нанесен в виде

внутреннего проводящего покрытия на стенки колбы. Как видно из схемы, к фотокатоду подводится отрицательный относительно коллектора полюс батареи. Величина отрицательного потенциала на фотокатоде составляет несколько сотен вольт. При этом фотоэлектрическая эмиссия получается насыщенной.

Благодаря использованию сплошного чувствительного фотокатода, насыщенной фотоэмиссии, а также за счет большей глубины потенциального рельефа на мишени чувствительность трубки примерно в 10 раз выше чувствительности иконоскопа. Эффект черного пятна в трубке Шмакова-Тимофеева проявляется в меньшей степени. Существенным достоинством этой трубки является также расположение ее фоточувствительного элемента на передней поверхности колбы, что позволяет использовать более короткофокусные, светосильные объективы.

Ортикон с переносом изображения

Передающую трубку, называемую *ортиконом с переносом изображения*, отличает от описанных выше трубок высокая чувствительность и практически полное отсутствие эффекта черного пятна.

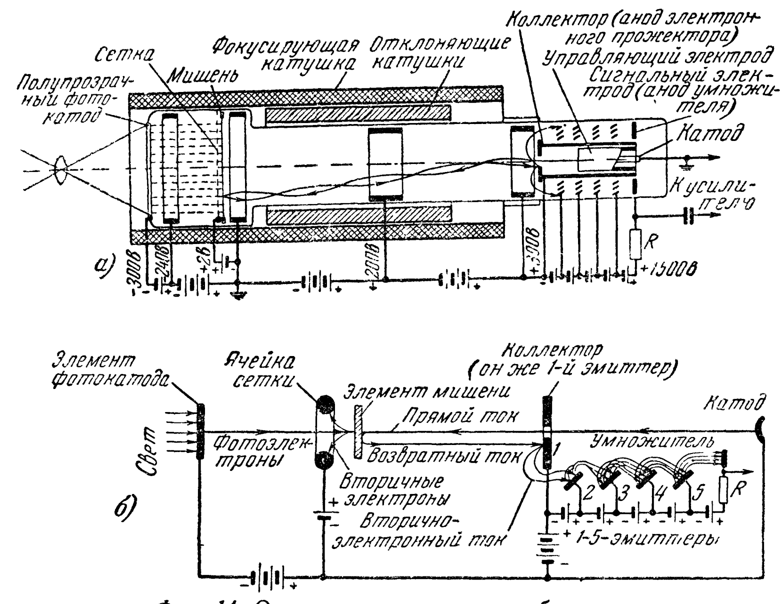
Колба трубки имеет цилиндрическую форму, точнее, соединение двух цилиндров разного диаметра (фиг. 14). В передней части трубки с бо́льшим диаметром осуществляется перенос электронного изображения, а в задней части трубки с меньшим диаметром производятся развертка и вторичное электронное умножение сигнала. При работе трубка помещается внутри длинной фокусирующей катушки (соленоида), создающей равномерное магнитное поле, силовые линии которого внутри трубки направлены параллельно оси. На переднюю плоскую поверхность баллона, с внутренней стороны, нанесен сплошной полупрозрачный фотокатод.

Испускаемые фотокатодом электроны силой электрического поля устремляются внутрь трубки, сохраняя распределение плотности по сечению, аналогичное распределению освещенности на фотокатоде.

Накопление зарядов осуществляется с помощью мишени. Она выполнена из пластинки полупроводника толщиной в несколько микрон и установлена параллельно фотокатоду. Перед мишенью, на расстоянии нескольких десятков микрон от нее, расположена мелкоструктурная металлическая

сетка; разность потенциалов в несколько сотен вольт между сеткой и фотокатодом обеспечивает насыщенную фотоэмиссию.

Электроны попадают к мишени, пройдя сквозь сетку. Примерно половина электронов фотоэмиссии задерживается сеткой. Образуемая на мишени «тень» от задержанных электронов неразличима на изображении из-за микроскопической ее структуры, так как на 1 $мм^2$ поверхности сетки



Фиг. 14. Ортикон с переносом изображения.

а — схема устройства трубки; *б* — схема движения электронов в трубке

приходится около тысячи отверстий, а поперечное сечение развертывающего пучка электронов покрывает сразу поверхность, на которой помещается несколько десятков таких отверстий.

Фотоэлектроны, ударяясь о мишень, выбивают из нее вторичные электроны, и на мишени образуется потенциальный рельеф, соответствующий распределению освещенности на фотокатоде. В отличие от ранее рассмотренных трубок вторичные электроны не возвращаются обратно на мишень, а улавливаются сеткой, к которой приложено положительное напряжение порядка 1—2 *в* относительно катода трубки.

Таким образом, на мишени создается глубокий потенциальный рельеф с бо́льшим потенциалом на участках, соответствующих ярким участкам изображения. Поверхностная проводимость мишени практически очень мала. Во всяком случае за период вторичной развертки не происходит существенного растекания зарядов, т. е. выравнивания потенциального рельефа. За счет большой *поперечной* проводимости на обратной стороне мишени будет точно такое же распределение потенциалов по поверхности, какое имеет место со стороны, обращенной к фотокатоду. Применение двусторонней мишени позволяет отделить процесс образования потенциального рельефа от процесса развертки, производимого с обратной стороны мишени.

Еще одно существенное отличие рассматриваемой трубки от предшествующих состоит в использовании для развертки пучка «медленных» электронов, т. е. электронов, скорости которых обусловливают величину коэффициента вторичной эмиссии, меньшую единицы. В этом случае свободный электрод (мишень) приобретает потенциал, равный потенциалу источника развертывающих электронов катода, который располагается в самом конце узкой части трубки. Испускаемые им электроны с помощью прожектора и длинной фокусирующей катушки, внутри которой заключена трубка, собираются в узкий пучок и с достаточно большой начальной скоростью (200—300 *в*) устремляются в направлении мишени.

При подходе к мишени электроны *замедляются* с помощью специального тормозящего электрода. Так как при малых скоростях $\sigma < 1$, то при включении трубки на мишени устанавливается потенциал, равный потенциалу катода. Поэтому, если на мишени отсутствует потенциальный рельеф, обусловленный передаваемым изображением, то *все* электроны развертывающего пучка, уменьшив свою скорость до нуля, повернут в обратном направлении и будут ускоряться в направлении электронного прожектора.

Поведение электронов в данном случае аналогично поведению камня, брошенного вертикально вверх и затем падающего на землю.

Однако если на мишени имеется потенциальный рельеф, то *часть* электронов из развертывающего пучка будет притянута к мишени, и, таким образом, каждый раз после про-

хождения развертывающего пучка потенциальный рельеф мишени будет *нейтрализоваться* («стираться»).

Количество электронов, отбираемых из пучка для нейтрализации, прямо пропорционально потенциалу мишени в данной точке, а значит, количество отраженных от мишени электронов также будет зависеть от потенциального рельефа мишени: чем больше освещенность участка изображения и, следовательно, чем больше положительный потенциал соответствующего участка мишени, тем *меньшее* число электронов будет в отраженной части развертывающего пучка. Иными словами, отраженный пучок электронов будет негативно промодулирован передаваемым изображением.

Отклонение развертывающего пучка осуществляется магнитным полем отклоняющих катушек, по которым пропускают пилообразные токи. Катушки надевают на узкую часть трубки. Так как по выходе из области, где действуют отклоняющие поля, электроны продолжают находиться в магнитном поле фокусирующей катушки, траектории электронов будут совпадать с силовыми линиями фокусирующего поля, перпендикулярными мишени.

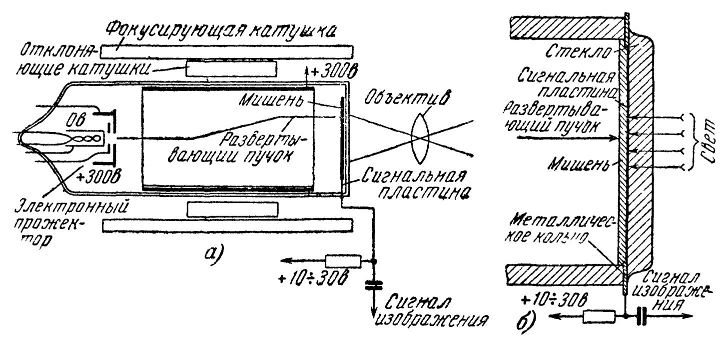
Отраженные электроны будут двигаться к прожектору по тому же пути, по которому они двигались в направлении к мишени. Ускоряющий анод прожектора выполнен в виде диска с очень узким отверстием, через которое проходят электроны, испускаемые катодом. Подавляющее большинство отраженных электронов попадает на переднюю поверхность диска. Скорость прибывающих электронов велика, так что каждый из них выбивает из диска несколько вторичных электронов.

Далее вторичные электроны огибают диск и под действием ускоряющего поля попадают на последующие электроды вторичного умножителя. Число каскадов умножителя выбирают равным 4—5. Общий коэффициент усиления тока при этом равен 500—1 000.

Описываемая трубка обладает весьма большой чувствительностью. Это дает возможность вести телевизионные передачи слабо освещенных сцен. Высокая чувствительность в сочетании с приемлемыми габаритами позволяет конструировать малогабаритные телевизионные камеры для осуществления внестудийных передач из зрелищных предприятий.

Трубка с фотосопротивлением

Во всех передающих телевизионных трубках, описанных выше, для преобразования световой энергии в электрическую использовалось явление внешнего фотоэффекта (фотоэлектронной эмиссии). В последнее время разработаны высококачественные трубки, в которых это преобразование осуществляется с помощью явления *внутреннего фотоэффекта* (изменения сопротивления вещества при облучении его светом), т. е. того же явления, которое использовалось на заре развития телевизионной техники и, в частности,



Фиг. 15. Трубка с фотосопротивлением.
а — схема устройства трубки; *б* — передняя часть трубки

в системе П. И. Бахметьева. Основными преимуществами разработанных трубок с фотосопротивлением являются простота конструкции и высокая чувствительность.

Трубка (фиг. 15,*а*) представляет собой продолговатый стеклянный баллон с вмонтированным в него электронным прожектором. С помощью ускоряющих электродов и внешней фокусирующей катушки узкий пучок электронов устремляется в направлении передней поверхности, где помещается пластинка фотосопротивления (мишень). Перемещение электронного пучка (развертка) осуществляется системой внешних отклоняющих катушек, подобно тому как это делается в ортиконе с переносом изображения.

Передняя поверхность трубки покрыта с внутренней стороны тонкой прозрачной металлической пленкой, выполняющей роль сигнальной пластины (фиг. 15,*б*). К сигнальнальной пластине вплотную примыкает мишень. По своим электрическим свойствам мишень является полупроводни-

ком (удельное сопротивление мишени в темноте порядка 10^{12} *ом/см*).

С помощью объектива на переднюю поверхность трубки проектируется изображение. Под действием света электрическое сопротивление мишени меняется. Те участки мишени, на которые попадает больший световой поток, обладают меньшим сопротивлением и наоборот. Материал мишени подобран так, что за период кадровой развертки происходит почти полное, возможное при данном световом потоке, изменение сопротивления

К мишени подводится постоянное положительное относительно катода напряжение (10—30 *в*). Так как сопротивление каждого участка мишени зависит от величины светового потока, падающего на данный участок, то при прохождении развертывающего электронного пучка в цепи протекает ток, пропорциональный изменению освещенности по поверхности мишени

Усиление сигналов изображения

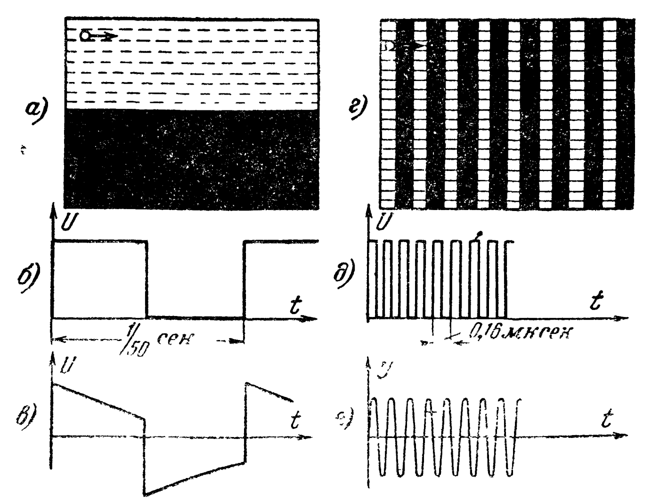
Напряжения сигналов изображения, возникающие на нагрузочном сопротивлении трубок, обычно имеют значения нескольких милливольт, поэтому для возможности их использования требуется значительное усиление.

В отличие от схем, применяемых в радиовещательной аппаратуре, телевизионные усилители обладают некоторыми специфическими особенностями, которые мы рассмотрим ниже.

Отдельные каскады телевизионных усилителей обычно имеют малые коэффициенты усиления. Это объясняется тем, что диапазон частот усиливаемых сигналов изображения весьма широк и простирается от самых низких звуковых частот (50 *гц*) до частот, используемых для радиосвязи (5—6 *мггц*).

Последнее утверждение можно доказать на примере двух простых изображений, создающих при телевизионной развертке сигналы с крайними частотами диапазона. Одно из изображений (фиг. 16,*а*) состоит из двух горизонтальных полей с различной яркостью. Половину периода вертикальной развертки электронный пучок будет двигаться по участку мишени с неменяющимся потенциалом, соответствующим полю с одной *неизменной* яркостью, а вторую половину периода по участку с другим, но также постоян-

ным потенциалом. Значит, за каждую пятидесятую долю секунды сигнал будет претерпевать только одно изменение от максимального значения к минимальному; при следующем цикле развертки форма сигнала будет повторяться. Такому изображению соответствует периодический сигнал прямоугольной формы с основной частотой 50 *гц* (фиг. 16,*б*).



Фиг. 16. К определению частотного состава телевизионных сигналов.

а — объект передачи, дающий низкочастотные сигналы; *б* — низкочастотный сигнал; *в* — низкочастотный сигнал, искаженный в усилителе; *г* — объект, дающий при развертке высокочастотные сигналы; *д* — высокочастотный сигнал; *е* — высокочастотный сигнал, искаженный в процессе развертки и усиления.

При передаче изображения, показанного на фиг. 16,*г*, состоящего из чередующихся тонких светлых и темных *вертикальных* полос, за время одной строки электронный пучок будет несколько раз пересекать яркостные границы. Длительность одного периода колебания, включающего движение по темной и по светлой полосам, будет определяться отношением времени движения вдоль одной строки к числу пар полос.

Время движения вдоль одной горизонтальной строки равно периоду вертикальной развертки, деленному на общее число строк разложения, т. е. $^1/_{25}$: 625=0,000064 сек. = = 64 мксек. Число полос в реальных объектах может быть

сколь угодно большим, а, значит, длительность одного периода сколь угодно малой. Однако нужно учесть, что электронный пучок обладает *конечной* площадью поперечного сечения, а внутри этой площади все изменения яркости *усредняются*. Если, например, полосы столь узки, что электронный пучок одновременно покрывает одну темную и одну светлую полосу, то при движении пучка никаких изменений сигнала не будет. В этом случае сигнал все время будет пропорционален среднему значению яркостей покрываемого участка, и полосы воспроизведутся на экране в виде равномерно-серого поля.

Конечная площадь поперечного сечения развертывающего пучка ставит, таким образом, предел величине мелких деталей, отчетливо вопроизводимых телевизионным устройством. Более или менее четко можно воспроизвести лишь детали с размерами, несколько большими поперечника электронного пучка.

Горизонтальный размер растра обычно примерно на 30% больше вертикального. Предположив, что вдоль вертикального размера укладывается столько же поперечников, сколько строк разложения принято в системе, при круглом сечении пучка и числе строк 625 в горизонтальном направлении уложится примерно 800 диаметров.

Положим для определенности, что ширина одной полосы равна диаметру пучка, тогда число пар вертикальных полос, которое можно считать максимальным, будет равно 400 и длительность одного периода равна 64/400 = = 0,16 мксек, что соответствует частоте сигнала, примерно равной 6 *мггц*. Более широким полосам соответствует меньшая частота.

При развертке мелкоструктурных изображений с большим количеством вертикальных граничных переходов от темного к светлому сигнал изображения представляет собой колебание с очень высокой частотой. Для отсутствия искажений усилительный тракт должен равномерно пропускать все колебания, частоты которых простираются от 50 *гц* до 5—6 *мггц*.

Если анодное нагрузочное сопротивлеие в схеме реостатного усилителя меньше внутреннего сопротивления лампы (что справедливо для телевизионных усилителей), то коэффициент усиления каскада прямо пропорционален произведению крутизны характеристики лампы на величину нагрузочного сопротивления Поэтому во всех случаях выгодно

выбирать лампы с большим значением крутизны характеристики. Казалось бы, что выгодно также выбирать и большие нагрузочные сопротивления. Однако это не так.

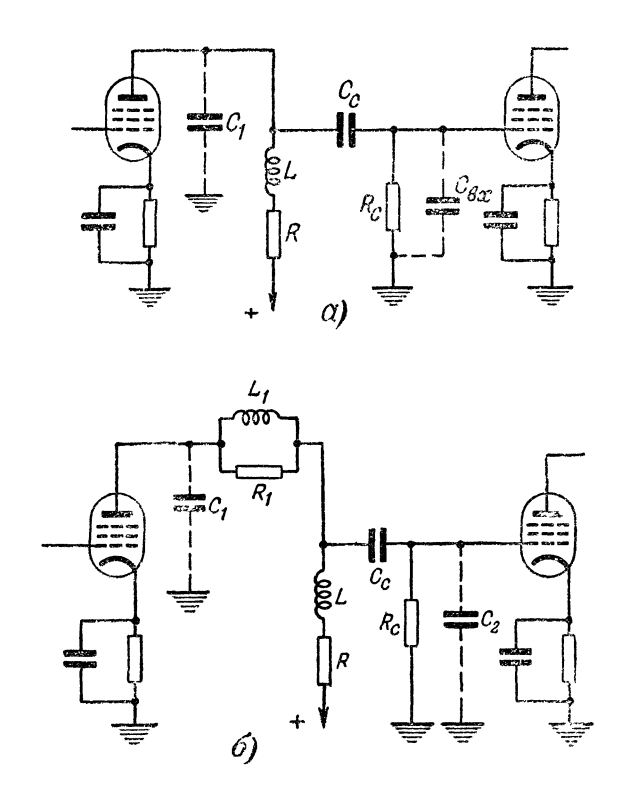
В реальных схемах нагрузочные сопротивления никогда не являются чисто активными. Они зашунтированы неизбежными емкостями монтажа, выходной емкостью лампы и входной емкостью последующей схемы. Наличие шунтирующих емкостей приводит к тому, что по мере увеличения частоты эквивалентное нагрузочное сопротивление уменьшается, а следовательно, уменьшается и коэффициент усиления.

Чем меньше величина активного сопротивления, тем на более высокой частоте начнет существенно сказываться влияние емкостей. Это утверждение можно проиллюстрировать числовым примером. Пусть нагрузочное сопротивление, равное 5 000 *ом*, зашунтировано конденсатором в 25 *пф*. Тогда на частоте 0,5 *мггц* эквивалентное сопротивление такой цепочки составит 4 600 *ом* и, следовательно, коэффициент усиления уменьшится на 8% от предполагаемого, без учета емкости, а на частоте 5 *мггц* эквивалентное сопротивление составит всего 1 250 *ом*, т. е. коэффициент усиления уменьшится на 75%. Если же выбрать при той же емкости сопротивление равным 1 000 *ом*, то на частоте 0,5 *мггц* шунтирующим действием емкости можно вообще пренебречь, а на частоте 5 *мггц* эквивалентное сопротивление будет равным 790 *ом*, т. е. усиление уменьшится лишь на 21% против расчетного. Хотя абсолютное значение коэффициента усиления уменьшается при замене 5 000 *ом* на 1 000 *ом* в 5 раз, *относительное* усиление в рассматриваемом диапазоне стало более равномерным. Вот почему в телевизионных усилителях так малы нагрузочные сопротивления и коэффициенты усиления каскадов.

Уменьшение коэффициента усиления в области высоких частот приводит к ухудшению четкости в горизонтальном направлении. Резкие черно-белые переходы вопроизводятся расплывчато, а мелкие детали становятся менее контрастными.

В телевизионных усилителях применяются специальные пентоды с большим отношением крутизны характеристики к суммарному значению входной и выходной емкости лампы, например 6Ж4, 6Ж3П, 6П9. Монтаж усилителей производится весьма тщательно и продуманно так, чтобы монтажные емкости были минимальными.

В многокаскадных усилителях полоса, пропускания отдельных каскадов должна быть несколько шире общей заданной полосы пропускания, ибо с ростом числа каскадов искажения увеличиваются. Это приводит к еще бо́льшим затруднениям при конструировании схем.



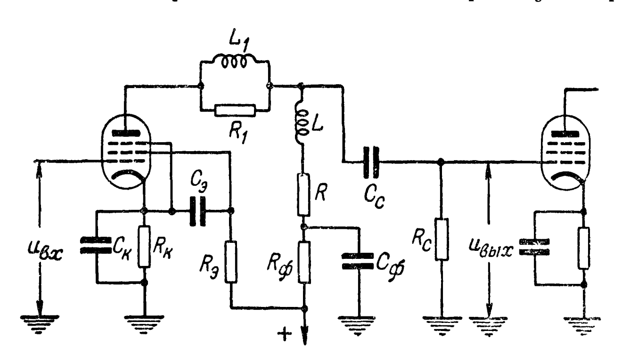
Фиг. 17. Схемы широкополосных усилительных каскадов.

а — схема с одной индуктивностью; *б* — схема с двумя индуктивностями.

Некоторая компенсация влияния шунтирующих емкостей, а следовательно, и увеличение анодной нагрузки могут быть произведены с помощью небольших индуктивностей, включаемых в анодную нагрузочную цепь. Две такие схемы изображены на фиг. 17.

Реостатный усилитель вносит искажения также и на низких частотах. Причина низкочастотных искажений — наличие междукаскадной реостатно-емкостной связи.

На средних и высоких частотах диапазона сопротивление конденсатора C_c, обладающего большой емкостью, незначительно по сравнению с R_c и поэтому основная часть напряжения сигнала падает на R_c. Однако по мере уменьшения частоты сопротивление конденсатора C_c возрастает



Фиг. 18. Схема усилительного каскада с коррекцией частотной характеристики в области высоких и низких частот.

и все бо́льшая часть напряжения падает на нем. Это приводит к тому, что на низких частотах уменьшается коэффициент усиления, а постоянная составляющая сигнала не воспроизводится вообще. Конденсатор C_c обычно не превышает 0,01—0,1 *мкф.* Сопротивление же для устойчивой работы усилителя обычно не превышает 0,5—1 *мгом.*

Низкочастотные искажения приводят к наклону горизонтальной части прямоугольных импульсов (фиг. 16,*в*). Указанные искажения проявляются в том, что большие горизонтальные, равномерно освещенные поля воспроизводятся на экране с плавно меняющейся в вертикальном направлении яркостью.

Как известно, улучшение частотной характеристики в области низких частот может быть достигнуто включением цепи $R_ф C_ф$ (фиг. 18).

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ И ИХ ФОРМИРОВАНИЕ

Форма телевизионного сигнала

Обычно для нормальной работы телевизионной системы требуются три вида вспомогательных сигналов:

1. Сигналы для синхронизации генераторов горизонтальной развертки передающей и приемной трубок — горизонтальные (строчные) синхронизирующие импульсы.

2. Сигналы для синхронизации генераторов вертикальной развертки — вертикальные (кадровые) синхронизирующие импульсы (обычно вертикальные синхроимпульсы, используемые в передатчике, отличаются по форме от импульсов, посылаемых к приемникам).

3. Сигналы для запирания развертывающих электронных пучков во время горизонтальных и вертикальных обратных ходов — гасящие импульсы.

Все эти сигналы формируются на передающей станции специальным устройством, называемым *генератором сигналов синхронизации* (сокращенно *синхрогенератором*).

От устойчивости работы синхрогенератора зависит качество работы всей телевизионной системы.

Познакомимся с формой сигналов, создаваемых синхрогенераторами.

Форма телевизионного сигнала с замешанными в него гасящими импульсами изображена на фиг. 19,*а*.

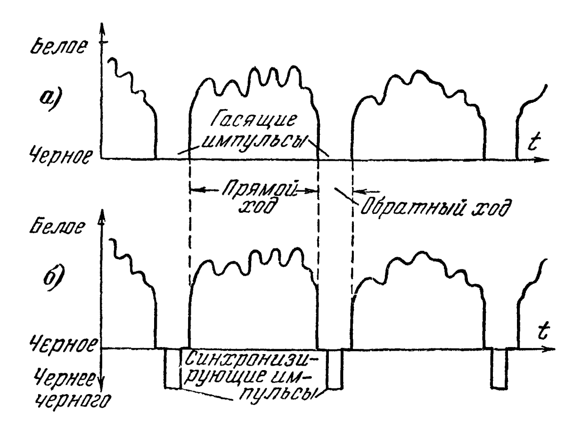
В моменты воздействия гасящих импульсов на управляющий электрод приемной трубки электронный пучок запирается и экран затемняется, так как величина этих импульсов соответствует уровню передачи наиболее темных мест в изображении (уровень «черного»). Поэтому обратные ходы разверток незаметны.

Практически оказывается необходимым подавать такие гасящие импульсы и на передающую трубку, так как если электронный пучок передающей трубки не будет заперт во время обратного хода, то попадающие на мозаику или мишень электроны изменят потенциалы в местах, где прошел пучок. Последнее скажется при прочерчивании этих участков во время прямого хода в виде светлых линий на изображении. Поэтому к управляющему электроду электрон-

ной пушки передающей трубки во время обратных ходов необходимо также подводить гасящие импульсы

Синхронизирующие сигналы, управляющие генераторами вертикальной и горизонтальной разверток в приемниках, передаются в виде насадок на гасящие импульсы (фиг. 19,*б*).

Сигналы синхронизации незаметны на изображении, так как они появляются лишь в моменты обратных ходов и, кроме того, направлены в сторону «чернее черного» В приемнике их легко отделить от сигналов изображения по амплитудному признаку с помощью простой схемы — амплитудного ограничителя



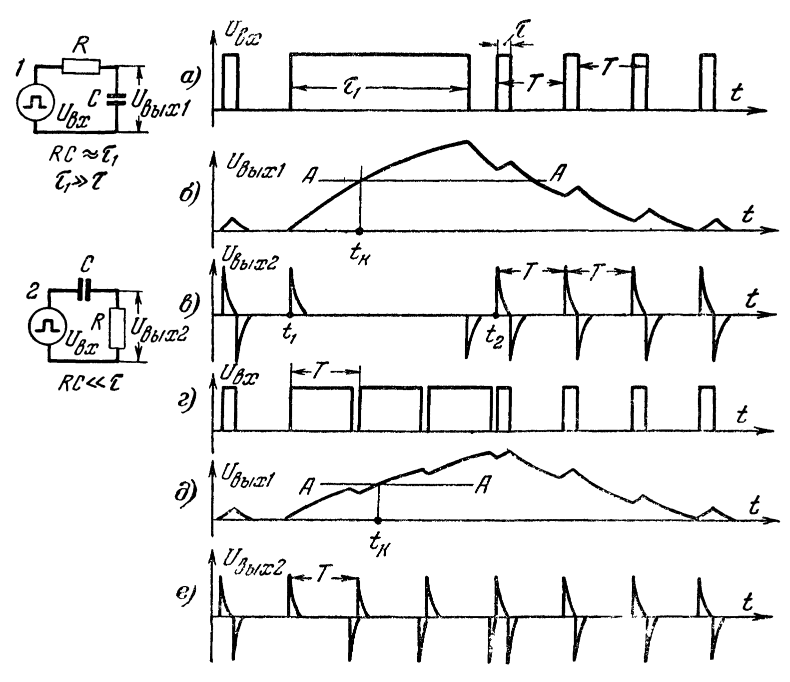
Фиг 19. Во время обратных ходов уровень сигнала соответствует передаче „черного" (*а*). Для сигналов синхронизации отводится область „чернее черного" (*б*)

Обычно величина импульсов синхронизации составляет примерно 25—30% от полного размаха сигнала изображения от уровня черного до уровня, соответствующего самым ярким деталям (уровня «белого»)

При перечислении вспомогательных сигналов, необходимых для нормальной работы телевизионной системы, мы указали на необходимость передачи как сигналов для синхронизации генераторов горизонтальной развертки, так и сигналов для синхронизации генераторов вертикальной развертки Поэтому при передаче сигналов синхронизации разверток по одному радиоканалу они должны как то отли-

чаться друг от друга для того, чтобы в приемниках их можно было разделить и направить к соответствующим генераторам развертки.

Оказывается удобным, чтобы вертикальные и горизонтальные импульсы синхронизации, обладая одинаковыми величинами, *отличались* друг от друга *по длительности*.



Фиг. 20. Схемы и графики, поясняющие принцип действия интегрирующей (*1*) и дифференцирующей (*2*) цепей, устанавливаемых для разделения сигналов синхронизации.

Разделение сигналов в этом случае осуществляется простыми фильтрами, состоящими из сопротивлений и конденсаторов (фиг. 20).

На фиг. 20,*а* представлена последовательность импульсов $U_{вх}$; один из них более длительный ($\tau_1 \gg \tau$). Воздействие напряжения $U_{вх}$ на *интегрирующую* цепь *1* с постоянной времени RC того же порядка, что и τ_1, приведет к тому, что за время действия импульсов с малой

длительностью напряжение на конденсаторе *C* не успеет сколько-нибудь значительно измениться, тогда как за время τ_1 напряжение на конденсаторе значительно возрастет (фиг. 20,*б*).

Генератор вертикальной развертки выполнен так, что переход с прямого на обратный ход происходит под воздействием внешнего синхронизирующего напряжения, когда последнее превысит уровень *AA* (уровень срабатывания). Значит, импульсы с длительностью τ не влияют на этот генератор, а импульсы с длительностью τ_1 заставят его сработать; подобные импульсы посылаются после каждого вертикального хода развертки.

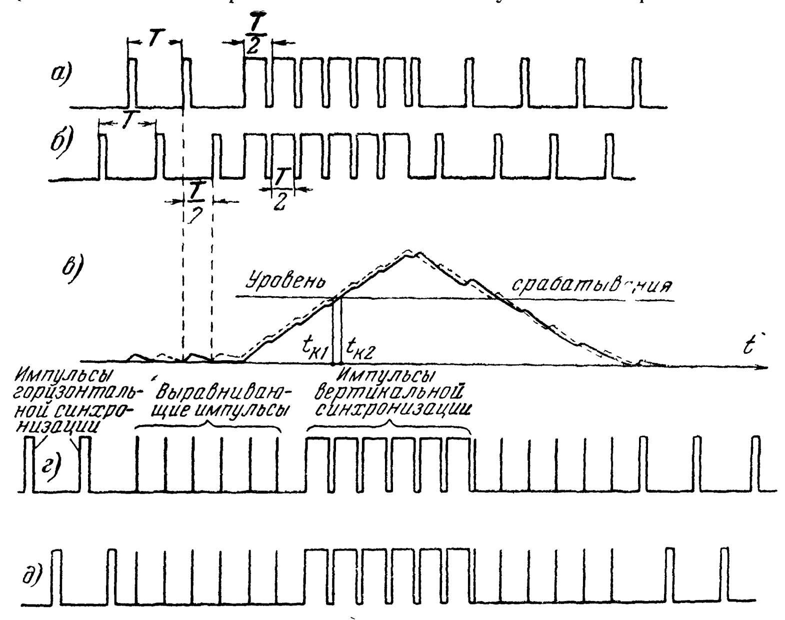
Эта же последовательность импульсов одновременно подводится к *дифференцирующей* цепи *2*, в которой постоянная времени $RC \ll \tau$. Тогда на выходе этой цепочки независимо от длительности импульсов от каждого переднего фронта импульса возникнет положительный пик напряжения, а от каждого заднего фронта — отрицательный, ибо конденсатор *C* весьма быстро заряжается и разряжается (фиг. 20,*в*). Эти пики напряжения подводятся к генератору горизонтальной развертки. При этом работой генератора управляют только положительные пики.

На фиг. 20,*а* длительность вертикального сихронизирующего импульса выбрана так, что τ_1 намного больше одного периода горизонтальной развертки. Поэтому в промежутке времени между t_1 и t_2 (фиг. 20,*в*) будут отсутствовать положительные пики напряжения. Это могло бы привести к выходу (на некоторое время) из синхронизма генератора горизонтальной развертки. На изображении это проявилось бы в том, что несколько верхних строк оказались бы смазанными. Для устранения подобного явления вертикальный синхроимпульс «*разрезается*» через одинаковые промежутки времени, равные периоду горизонтальной развертки *T* (фиг. 20,*г*). Если длительность прорезей невелика, то напряжение на конденсаторе в цепи *1* изменится незначительно (фиг. 20,*д*), но зато положительные пики напряжения на выходе цепи *2* будут возникать с частотой горизонтальной развертки и во время передачи вертикального синхроимпульса (фиг. 20,*е*).

Описанный способ синхронизации приемных устройств применим для практического использования только в том случае, когда развертка изображения производится последовательно, строка за строкой.

При чересстрочном разложении каждый полукадр состоит из целого с половиной числа строк ($312^1/_2$). При этом один полукадр заканчивается после прочерчивания лучом половины последней строки, а другой — после прочерчивания целой последней строки (фиг. 5). Указанное обстоятельство приводит к некоторому усложнению формы сигналов синхронизации.

Помимо требования о сохранении горизонтальной синхронизации во время посылки импульсов вертикальной



Фиг. 21. Форма импульсов синхронизации при чересстрочной развертке.

синхронизации, добавляется еще требование, чтобы промежуток времени между появлением последнего горизонтального синхроимпульса и моментом срабатывания генератора вертикального отклонения одного полукадра отличался от такого же промежутка времени другого полукадра на половину длительности периода горизонтальной развертки (на $T/2$). Выполнение обоих требований обеспечивается, если прорези в вертикальных синхроимпульсах делать с интервалами времени, равными $T/2$ (фиг. 21).

На фиг. 21,*а* показана форма сигналов синхронизации по окончании *четного* полукадра, т. е. такого полукадра,

который охватывает совокупность второй, четвертой и т. д. всех четных строк, а на фиг. 21,*б* — форма сигналов по окончании *нечетного* полукадра. Первый длительный импульс в одном случае появляется по прошествии целого интервала T, а в другом случае — по прошествии половины этого интервала. К моменту появления первого длительного импульса конденсатор в цепи *1* на фиг. 20 обычно не разряжается полностью и остаточные заряды оказываются различными для разных полукадров. Поэтому, каков бы ни был уровень срабатывания схемы вертикальной развертки, промежуток времени от начала последнего горизонтального импульса до момента срабатывания $t_к$ в разных полукадрах будет неодинаковым.

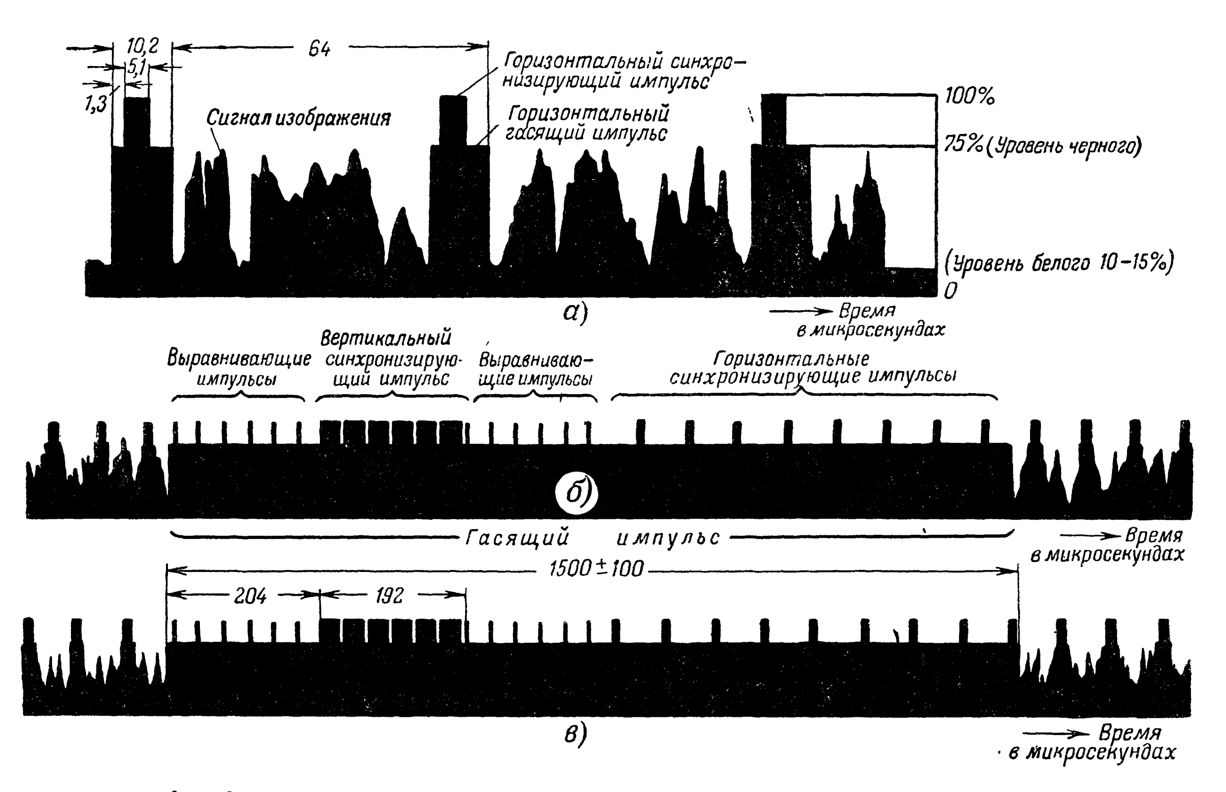
На фиг. 21,*в* сплошной линией показана форма напряжения на конденсаторе после четного, а пунктиром — после нечетного полукадра Одна кривая пересекает уровень срабатывания в момент $t_{к1}$, а другая — в момент $t_{к2}$. В связи с этим длительность одного полукадра будет несколько больше, а другого — несколько меньше, чем $^1/_{50}$ сек.

Это приводит к ошибкам в моменте синхронизации и в результате к частичной потере четкости, вызванной несимметричным расположением строк четного и нечетного полукадров.

Устранение этой погрешности достигается за счет того, что посылка вертикальных синхроимпульсов отдаляется от последних импульсов горизонтальной синхронизации в случае четного полукадра на $4T$, а в случае нечетного — на $3{,}5T$. За такие сравнительно большие промежутки времени конденсатор успевает почти полностью разрядиться, и разность в остаточных напряжениях становится ничтожно малой

Для того чтобы горизонтальная синхронизация не нарушалась в эти промежутки времени, производится посылка кратковременных выравнивающих импульсов, следующих друг за другом через интервалы, равные $T/2$ (фиг. 21,*г* и *д*). Кратковременные импульсы почти не меняют заряд конденсатора, и форма напряжения на нем сохраняется одинаковой для обоих полукадров.

Во время передачи выравнивающих и вертикальных импульсов они появляются через одинаковые отрезки времени, равные $T/2$. Поэтому положительные всплески напряжения на выходе цепи *2* (фиг. 20) следуют чаще Однако



Фиг. 22. Форма телевизионного сигнала, принятая для телевизионного вещания.

генераторы горизонтальной развертки остаются нечувствительными к импульсам с двойной частотой горизонтальной развертки и в эти промежутки времени синхронизуются от каждого *второго* импульса, т. е. через интервалы времени, равные *T*.

Форма полного телевизионного сигнала, принятая в Советском Союзе, приведена на фиг. 22. Показанные на этой фигуре графики определяют длительности и относительные величины огибающей высокочастотного колебания, излучаемого телевизионным радиопередатчиком.

На фиг. 22,*б*, слева направо, показано несколько нижних строк нечетного полукадра, после которых следует промежуток вертикального обратного хода, затем показано несколько верхних строк четного полукадра. На фиг. 22,*в* показаны три нижние строки четного полукадра, вертикальный гасящий импульс и несколько верхних строк нечетного полукадра. Из графиков следует, что синхроимпульсам соответствует максимальное излучение, гасящим сигналам — 75% амплитуды (уровень черного), а наиболее ярким участкам — 10—15% от максимальной амплитуды.

Длительность периода горизонтальной развертки *T* равна 64 мксек, гасящего сигнала 10,2 мксек (16% *T*), а импульса горизонтальной синхронизации 5,1 мксек (8% *T*). Длительность вертикального гасящего сигнала равна 0,0015 сек. (7,5% от полукадрового периода), вертикального импульса синхронизации 192 мксек и выравнивающего импульса 2,5 мксек.

На практике не представляется возможным получить идеальные прямоугольные импульсы. Края импульсов всегда несколько наклонены, а вершины закруглены. Нормами на телевизионное вещание предусмотрены допустимые отклонения формы импульсов от прямоугольной.

Принципы построения схем синхрогенераторов

Полный телевизионный сигнал образуется путем смешивания сигналов изображения и различных по форме вспомогательных импульсов, создаваемых синхрогенератором.

Частоты отдельных генераторов, производящих вспомогательные импульсы, должны быть точно согласованы между собой. Частота посылок серии вертикальных синхроимпульсов должна, например, быть точно в $312^1/_2$ раза меньше, чем частота посылок горизонтальных синхроимпульсов.

Частота генератора выравнивающих импульсов должна быть точно в 2 раза больше частоты генератора горизонтальных синхроимпульсов. Импульсы, используемые в передающей камере, должны быть точно согласованы во времени с соответствующими импульсами, посылаемыми к приемникам.

Малейшие отклонения от кратности частот и нарушения согласования сигналов во времени привели бы к ошибкам в синхронизации и гашении луча, т. е. к резкому ухудшению качества изображений.

Частота генераторов электрических сигналов может меняться под влиянием различных внешних причин, как то: изменение питающих напряжений, изменение температуры, влажности и т. п. Если бы выравнивающие, полукадровые и гасящие и другие импульсы формировались независимыми генераторами, то не было бы уверенности в том, что частоты их кратны. Внешние причины могли бы в разной степени отклонять фактическое значение частот генерируемых сигналов от требуемых.

Поэтому синхрогенераторы строятся по схеме, в которой все создаваемые для передатчика и приемников сигналы формируются из одной непрерывной последовательности прямоугольных импульсов, создаваемых основным задающим генератором. Частота задающего генератора выбирается равной двойной частоте горизонтальной развертки, т. е. частоте посылок выравнивающих синхроимпульсов (31 250 импульсов в секунду). Если с помощью специального устройства (делителя частоты) из этой последовательности выделить каждый второй импульс, то частота этой новой последовательности будет *точно* в 2 раза меньше, чем частота задающего генератора, т. е. мы получим сигналы с частотой горизонтальной развертки. Выделяя, кроме того, из основной последовательности каждый 625-й импульс, получим серию импульсов с частотой полукадров (31 250/625 = 50).

Все современные системы телевизионного вещания синхронизуются с сетью промышленного переменного тока. Это означает, что частота полукадров выбирается равной не точно 50 в секунду, а частоте переменного тока той энергетической системы, к которой территориально относятся данный телевизионный центр и обслуживаемая им сеть телевизионных приемников. Частота промышленного тока иногда несколько меняется около значения 50 *гц*.

Необходимость синхронизации с сетью вызывается следующими причинами.

Обычно в канал усиления сигналов изображения вследствие наводок, несовершенства экранировки и по другим причинам проникает напряжение питающей сети, что приводит к изменению яркости изображения. Эти дополнительные изменения яркости проявляются в виде горизонтальных светлых и темных полос. Обычно глубина яркостной модуляции не очень велика, но все же полосы могут быть заметными для глаза, особенно, если они не неподвижны, а перемещаются по экрану (в вертикальном направлении).

Уменьшение этого неприятного эффекта может быть достигнуто за счет точного соответствия частот пульсаций и вертикальной развертки. В этом случае затемнения экрана будут неподвижными относительно кадра и едва заметными для глаза. В противном случае полосы будут перемещаться по экрану со скоростью, соответствующей разности частот питающего напряжения и полукадров. Например, если частота полукадров равна 50 в секунду, а частота переменного тока 50,5 *гц*, то темные горизонтальные полосы будут перемещаться сверху вниз и вновь появляться наверху за время, равное 2 сек.

Во многих приемниках для удешевления и упрощения их конструкции используются выпрямители, снабженные фильтрами, далеко не идеально сглаживающими пульсации выпрямленного напряжения.

Пульсации выпрямленного напряжения могут также приводить к изменению яркости изображения. Кроме того, они вызывают искажения, проявляющиеся в том, что длина линий горизонтальной развертки не одинакова по кадру. В те моменты времени, когда питающее напряжение увеличивается, генератор горизонтальной развертки создает напряжение (ток) большей величины и наоборот. Если частоты пульсаций и вертикальной развертки равны (или кратны) друг другу, то изогнутость вертикальных линий изображения обычно практически незаметна. В противном случае наблюдается некоторая волнистость вертикальных линий изображения.

Помимо указанных, основных, искажений, связанных с несоответствием частот переменного тока и развертки, нужно указать еще на влияние магнитного поля силового трансформатора. Изменяющееся во времени поле рассеяния трансформатора влияет на величину отклонения элек-

тронного пучка приемной трубки. И в этом случае искажения незаметны, если в каждом последующем кадре они одинаковы.

В синхрогенераторах предусматривается устройство, автоматически изменяющее частоту генерируемых сигналов в соответствии с изменением частоты питающей сети. Так, если частота сети равна 50 *гц*, задающий генератор создает импульсы с частотой повторения, равной $50 \cdot 625 = 31\,250$ в секунду. Если же частота сети станет равной, например, 51 *гц*, то частота повторения изменится до $51 \cdot 625 = 31\,875$ в секунду.

Следует заметить, что в последнее время намечается тенденция к созданию телевизионных систем несинхронизованных с сетью переменного тока. Этот вопрос тесно связан с проблемой дальней передачи телевизионных программ, при которой приемные устройства смогут оказаться вне энергетической системы, питающей телевизионный центр, и для этих приемников согласование частот синхрогенератора и сети теряет смысл. Некоторые сравнительно несложные изменения конструкции приемников (улучшение фильтра выпрямителя, экранировка и т. п.) позволяют принимать практически без искажений изображения и в зоне действия другой энергосистемы.

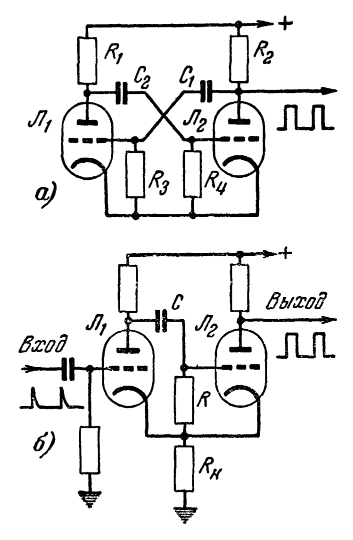
Элементы схем синхрогенераторов

Прежде чем рассмотреть подробнее блок-схему синхрогенератора, познакомимся вкратце с некоторыми схемами, используемыми в импульсной технике.

Генераторы прямоугольных импульсов. Наибольшее распространение в качестве генераторов прямоугольных импульсов получили *мультивибраторы*. Мультивибратором называется двухламповый реостатный усилитель, у которого нагрузочная цепь второго каскада связана со входной цепью первого каскада (фиг. 23,*а*). За счет обратной связи схема при включении автоматически самовозбуждается. Изменение напряжений на анодах ламп имеет приблизительно прямоугольную форму, причем длительность колебательных циклов определяется постоянными времени R_3C_1 и R_4C_2, а также коэффициентами усиления каскадов.

Механизм возникновения колебаний может быть пояснен следующим образом. В момент включения источника питания в лампах начинают протекать анодные токи, и конден-

саторы C_1 и C_2 заряжаются до анодных напряжений соответствующих ламп. Схема не может оставаться в таком устойчивом состоянии и практически мгновенно перейдет в режим, при котором одна лампа полностью открыта, а другая заперта. Переход в подобное состояние, даже при одинаковых лампах и соответствующих деталях, происходит в связи с электронной структурой тока ламп. Анодный ток, если его рассматривать за очень малые промежутки времени, не постоянен, а хаотически меняется около среднего значения.



Фиг. 23. Схемы импульсных генераторов.

а — мультивибратор с самовозбуждением, *б* — запертый мультивибратор.

Допустим, что в некоторый момент времени анодный ток лампы $Л_2$ начинает несколько уменьшаться относительно тока лампы $Л_1$. Тогда падение напряжения на сопротивлении R_2 уменьшится и анодное напряжение лампы $Л_2$ возрастет. Конденсатор C_1 будет стремиться зарядиться до этого нового значения анодного напряжения лампы $Л_2$. Зарядный ток, протекая по сопротивлению R_3, создаст падение напряжения такой полярности, что напряжение сетка — катод лампы $Л_1$ возрастет (плюс на сетке). Значит, увеличатся анодный ток лампы $Л_1$ и падение напряжения на сопротивлении R_1, т. е. уменьшится анодное напряжение лампы $Л_1$. Конденсатор C_2 при этом будет разряжаться, и разрядный ток, протекая по сопротивлению R_4, создаст падение напряжения такой полярности (минус на сетке), что анодный ток лампы $Л_2$ снова уменьшится. Уменьшение анодного тока лампы $Л_2$ приведет к его большему увеличению напряжения между сеткой и катодом лампы $Л_1$, к еще большему падению напряжения на сопротивлении R_1, т. е. снова к уменьшению сеточного напряжения лампы $Л_2$. В конце концов лампа $Л_2$ запирается, а лампа $Л_1$ полностью открывается. Процесс «опрокидывания» происходит практически мгновенно, он ограничен только скоростью разряда паразитных емкостей схемы. Напряжение на аноде одной из ламп

чрезвычайно быстро возрастает, а на аноде другой лампы падает.

После того как в схеме произошел описанный «скачок», схема остается в таком состоянии относительно длительный промежуток времени, в течение которого происходят следующие процессы. Конденсатор C_1 заряжается до напряжения источника питания, зарядный ток протекает по сопротивлению R_2 и сопротивлению промежутка сетка—катод открытой лампы $Л_1$. Так как анодные нагрузочные сопротивления невелики (по сравнению с сопротивлениями утечек сеток), а сопротивление промежутка сетка—катод полностью открытой лампы мало (сотни ом), то конденсатор C_1 быстро зарядится, а напряжение между сеткой и катодом лампы $Л_1$ станет приблизительно равным нулю.

Конденсатор же C_2 начнет разряжаться до анодного напряжения открытой лампы $Л_1$. Разрядный ток протекает по сопротивлению R_4 ($Л_2$ заперта). По мере разряда конденсатора C_2 разрядный ток уменьшается, падение напряжения на сопротивлении R_4 также уменьшается, т. е. отрицательное напряжение между сеткой и катодом лампы $Л_2$ становится меньшим. Когда величина падения напряжения на сопротивлении R_4 станет равной напряжению отпирания лампы $Л_2$, появится анодный ток. Напряжение на аноде лампы $Л_2$ начнет уменьшаться и вызовет уменьшение напряжения между сеткой и катодом лампы $Л_1$. При этом увеличится анодное напряжение лампы $Л_1$, т. е. еще больше возрастет сеточное напряжение лампы $Л_2$, и т. д. В схеме снова произойдет скачок, в результате которого лампы $Л_2$ откроется, а лампа $Л_1$ запрется. Далее процесс полностью повторяется.

Таким образом, длительность устойчивых состояний схемы определяется временем разрядов конденсаторов C_1 и C_2. Если постоянные времени C_1R_3 и C_2R_4 не равны друг другу, то длительности устойчивых состояний также неодинаковы. Выбрав параметры схем так, например, что $R_4C_2 \ll R_3C_1$, получим на аноде лампы $Л_2$ узкие положительные импульсы (в этом случае на аноде лампы $Л_1$ будут узкие отрицательные импульсы).

Длительность цикла мультивибратора можно принудительно уменьшить, если ввести в цепь сетки одной из ламп синхронизирующее напряжение, например, в виде кратковременных импульсов произвольной формы или даже синусоидального напряжения с меньшим периодом. В этом слу-

чае скачок наступит раньше, ибо результирующее напряжение между сеткой и катодом запертой лампы достигнет раньше напряжения отпирания.

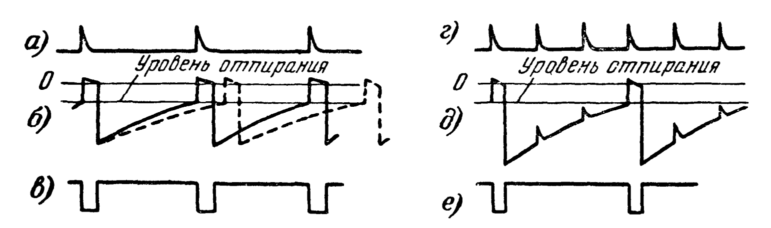
Часто применяется схема мультивибратора, изображенная на фиг. 23,*б*. Отличие ее от ранее рассмотренной схемы состоит в том, что здесь нормально лампа $Л_2$ всегда открыта, а лампа $Л_1$ всегда заперта за счет отрицательного смещения, образуемого катодным током лампы $Л_2$ на сопротивлении $R_к$. При подаче на сетку лампы $Л_1$ положительного сигнала, величина которого достаточна для достижения потенциала отпирания, лампа $Л_1$ открывается, а лампа $Л_2$ скачком запирается Она остается в запертом состоянии до тех пор, пока сеточное напряжение, изменяющееся под влиянием уменьшения разрядного тока конденсатора C, не достигнет напряжения отпирания. После этого схема скачком переходит в исходное состояние. Длительность импульса не зависит от формы запускающих сигналов, а определяется постоянной времени RC. Последовательность появления импульсов определяется только наличием входных запускающих сигналов.

Делители частоты. Процесс деления частоты импульсов состоит в том, что входная последовательность импульсов с некоторой частотой их повторения преобразуется в последовательность импульсов с меньшей, но кратной входной частотой повторения. Для деления частоты часто применяются мультивибраторы. Процесс деления частоты отличается от процесса синхронизации лишь тем, что величина входных импульсов выбирается так, чтобы при введении их в сеточную цепь запертой лампы достижение потенциала отпирания происходило под воздействием какого-нибудь определенного по счету импульса (фиг. 24).

Практически деление в большом отношении, большем чем 10 : 1, оказывается затруднительным, ибо под влиянием различных причин (изменение питающего напряжения, разброс параметров при смене ламп и т. п.) уровни запирания, а также уровни, с которых начинается увеличение напряжения на сетке запертой лампы, могут меняться.

Широко используется в делителях частоты схема, приведенная на фиг. 25. Здесь входные импульсы подводятся к сеточной цепи усилительной лампы $Л$ в отрицательной полярности. Эти импульсы достаточно велики, и потому лампа полностью запирается во время действия импульса; при этом анодное напряжение становится равным напряже-

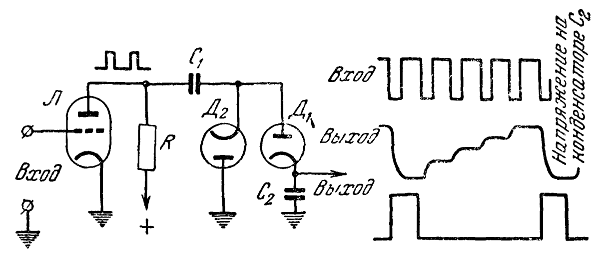
нию источника; по прекращении импульса напряжение на аноде лампы уменьшается. В те моменты времени, когда напряжение на аноде увеличивается, диод *Д*$_1$ проводит, а диод *Д*$_2$ заперт. Сопротивление токопроводящего диода мало. Поэтому последовательно соединенные конденсаторы



Фиг. 24. Графики, поясняющие процесс синхронизации и деления частоты.

а и *г* — входные импульсы; *б* и *д* — форма результирующего напряжения на сетке одной из ламп мультивибратора, *в* и *е* — выходные импульсы
На графике *б* пунктиром показано изменение напряжения на сетке лампы при отсутствии синхронизирующих импульсов.

C_1 и C_2 быстро заряжаются. Напряжение на последовательно соединенных конденсаторах распределяется, как известно, обратно пропорционально их емкостям. Емкость C_2 выбирается большой, а C_1 малой. Предположим, что величина емкости C_2 относится к величине емкости C_1, как 9 : 1.



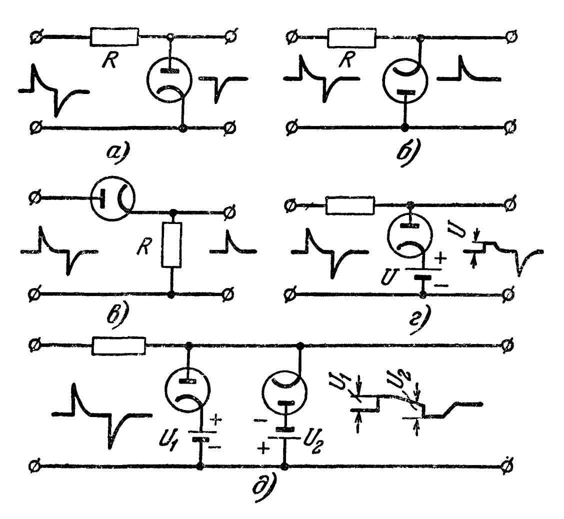
Фиг. 25. Схема счетчика импульсов.

Тогда при изменении анодного напряжения от 100 до 300 *в* напряжение на C_1 увеличится на 180 *в*, а на C_2 — всего на 20 *в*.

По прекращении действия импульса лампа *Л* отпирается, напряжение на аноде падает, ток через диод *Д*$_1$ прекращается, а диод *Д*$_2$ отпирается. Конденсатор C_1 быстро разряжается до анодного напряжения (100 *в*), а конденсатор C_2 разрядиться не может, ибо диод *Д*$_1$ ток не проводит. При

воздействии следующего импульса диод $Д_1$ вновь становится токопроводящим и напряжение на C_2 опять возрастает. Затем при отрицательном перепаде напряжения конденсатор C_1 снова разряжается, а напряжение на C_2 сохраняется неизменным.

Выход схемы обычно соединен со входом запертого мультивибратора. Когда напряжение на конденсаторе C_2 повысится под действием очередного импульса до величины,



Фиг. 26. Схемы диодных ограничителей.

превышающей уровень запирания мультивибратора, последний сработает и на его выходе появится импульс. Конденсатор C_2 быстро разрядится за счет проводимости между сеткой и катодом открывшейся лампы мультивибратора и схема снова вернется в исходное состояние.

Ограничители. Ограничителем называется устройство, напряжение на выходе которого остается практически постоянным, когда подводимое напряжение становится больше (или меньше) определенной величины, называемой *уровнем ограничения.*

Простейшие диодные ограничители изображены на фиг. 26. В те моменты времени, когда переменное напряжение, подводимое к входам схем *а* и *в*, положительно, диоды отпираются. Если сопротивления R выбраны так, что их величины во много раз больше, чем сопротивления прово-

дящих диодов, то на них будет и основное падение входного напряжения. Это означает, что на выходе схемы *а* в рассматриваемые промежутки времени напряжение практически равно нулю, а на выходе схемы *в* — равно входному напряжению.

В те же моменты времени, когда на входах схем *а* и *в* действует отрицательное напряжение, диоды заперты и их сопротивления значительно больше, чем сопротивления *R*. Тогда напряжение на выходе схемы *а* равно входному напряжению, а на выходе схемы *в* примерно равно нулю. В этих схемах уровнем ограничения является нулевой уровень. В схеме *а* напряжение на выходе не может быть больше нуля, т. е. производится ограничение *по максимуму*, а в схеме *в* напряжение на выходе не может быть меньше нуля, т. е. производится ограничение *по минимуму*.

Если в схеме *а* изменить полярность включения диода (схема *б*), то вместо ограничения по максимуму получим ограничение по минимуму.

Уровни ограничения можно произвольно менять путем включения дополнительных источников постоянного напряжения. Так, например, схема *г*, являющаяся ограничителем по максимуму, ограничивает напряжение, начиная с уровня *U в*.

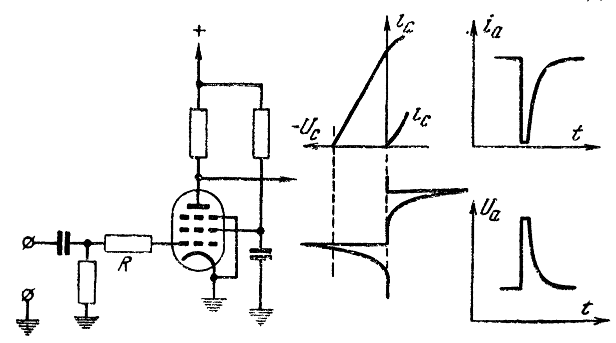
На фиг. 26,*д* изображена схема двустороннего ограничителя.

Наряду с диодными ограничителями широкое распространение получили ограничители с использованием многоэлектродных ламп (триодов, пентодов и т. д.). Преимуществом этих ограничителей является возможность двустороннего ограничения в одной лампе при одновременном усилении сигналов. Схема ограничителя на пентоде приведена на фиг. 27. Когда входное напряжение, действующее в цепи управляющей сетки, становится положительным, возникает сеточный ток, сопротивление промежутка сетка—катод становится меньше, чем сопротивление *R*, и на последнем происходит падение напряжения входного сигнала. Разность потенциалов между сеткой и катодом становится примерно равной нулю. Поэтому, как бы ни увеличивалось входное напряжение, анодный ток не изменится. Когда напряжение сигнала начнет уменьшаться, анодный ток также уменьшится и при некотором отрицательном значении сигнала станет равным нулю. Дальнейшее уменьшение сигнала не влияет на величину анодного тока. Форма входного

напряжения, анодного тока и выходного напряжения иллюстрируется графиками фиг. 27.

Таким образом, в рассмотренной схеме напряжение на аноде лампы будет ограничено по максимуму за счет нижней отсечки анодного тока, а по минимуму — за счет сеточного тока.

Смесители. Смесителем называется устройство, мгновенное значение выходного напряжения которого пропорционально сумме мгновенных значений нескольких входных сигналов. Смеситель обычно имеет несколько входных за-



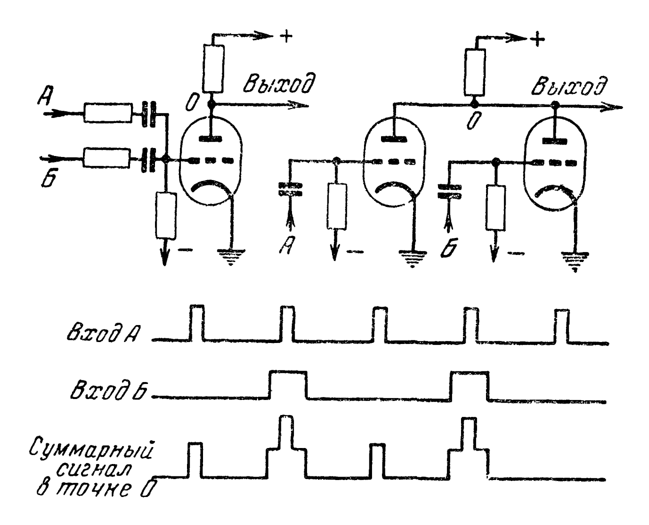
Фиг. 27. Схема пентодного ограничителя.

жимов и один выходной. Он должен быть устроен так, чтобы взаимное влияние источников входных сигналов отсутствовало (фиг. 28).

Комбинированные схемы смесителей и ограничителей используются в синхрогенераторах для выделения из последовательности импульсов какого-нибудь одного определенного импульса, следующего через известный промежуток времени после появления одного из входных сигналов. Так, например, на схеме, изображенной на фиг. 29, к зажиму *А* подводятся импульсы, следующие друг за другом с интервалом *Т*, а к зажиму *Б* — импульс продолжительностью в 3 *Т*. Нужно выделить четвертый по счету импульс сигнала *А* после появления импульса *Б* длительностью 3 *Т*. Для этой цели длительный сигнал, подводимый в отрицательной полярности, обостряют с помощью цепи *RC*. Постоянная времени *RC* подобрана так, что конденсатор *С* не полностью заряжается за время 3 *Т* (график *В*). На сопротивлении R_1 происходит смешивание сигналов *А* и *В*. Суммарное их напряжение иллюстрируется графиком *Г*. Уровень одного из остроконеч-

ных импульсов превышает все остальные. Этот импульс, выделенный с помощью ограничителя (график *Д*), является четвертым после начала длительного импульса.

Задерживающие схемы. Назначением задерживающих схем является создание сигналов, появляющихся несколько позднее, чем сигналы, подаваемые на вход схемы. Вопрос о форме выходных сигналов задерживающих схем решается



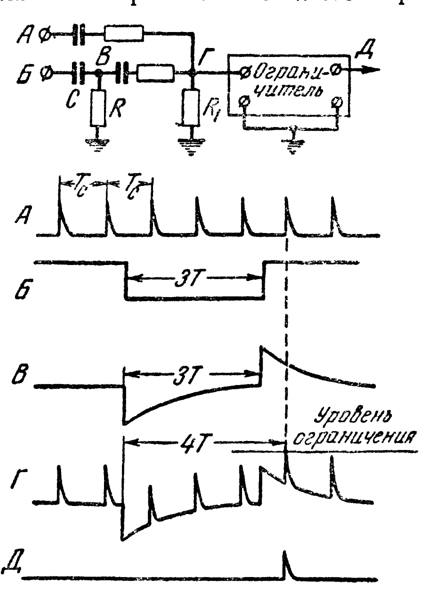
Фиг. 28. Схемы смесителей.

в каждом отдельном случае по-разному. В некоторых схемах форма выходных сигналов в точности соответствует форме входных. В других схемах необходимо обеспечить лишь сдвиг во времени переднего края прямоугольного импульса, длительность же выходного импульса может при этом не оговариваться.

В качестве задерживающей схемы может быть использован мультивибратор, изображенный на фиг. 30,*а*. Время задержки определяется в этой схеме длительностью импульсов, генерируемых мультивибратором. Длительность прямоугольных импульсов, возникающих в анодной цепи второй лампы, определяется постоянной времени цепи RC. Выходное напряжение снимается через дифференцирующую цепь R_1C_1 с малой постоянной времени. Отрицательные пики выходного напряжения сдвинуты во времени относительно

запускающих пиков напряжения на время, равное длительности прямоугольных импульсов.

В схеме, изображенной на фиг. 30,*б*, задержка во времени производится с помощью предварительного формирования пилообразного напряжения. Когда лампа заперта отрицательным смещением, конденсатор C заряжается от источника питания через большое сопротивление R. По мере заряда напряжение на конденсаторе растет. При подаче на вход схемы положительных прямоугольных импульсов достаточной величины лампа отпирается, ее внутреннее сопротивление становится малым по сравнению с сопротивлением R и конденсатор C за время действия импульса разряжается. Во время отсутствия импульсов лампа запирается, конденсатор вновь начинает разряжаться и т. д. Пилообразное напряжение, получаемое на выходе этой схемы, используется в дальнейшем для запуска генератора импульсов. Когда величина пилообразного напряжения превысит определенный уровень, генератор сработает и на его выходе появляется прямоугольный импульс. Последний будет сдвинут относительно входного импульса A на время, равное продолжительности входного импульса, плюс время, за которое пилообразное напряжение достигло уровня срабатывания генератора импульсов.



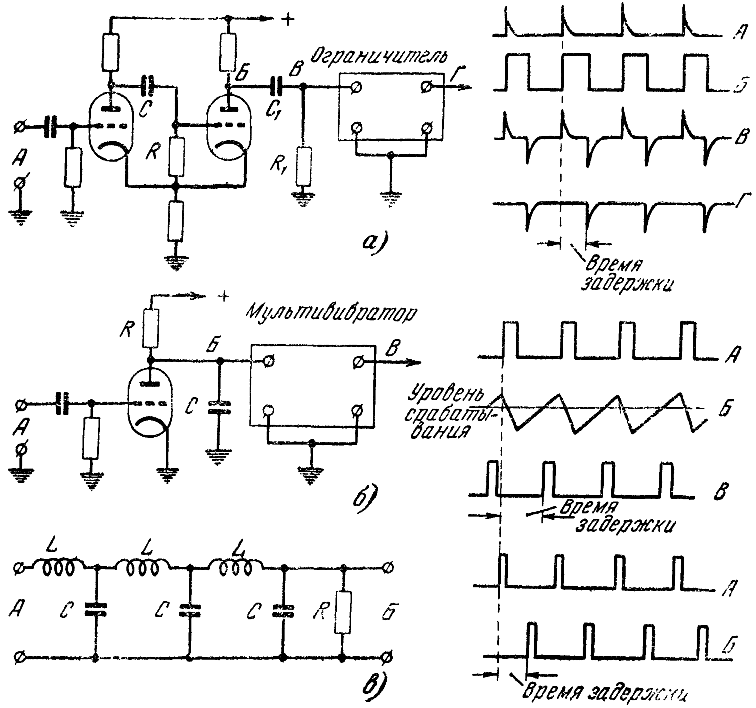
Фиг. 29. Пример использования дифференцирующей и смешивающей схем.

Длительность задержки регулируется путем соответствующего изменения уровня срабатывания генератора относительно величины пилообразного напряжения, а длительность выходных импульсов зависит от параметров схемы генератора.

Для задержки импульсов во времени применяется также схема *искусственной длинной линии*, изображенная на

фиг. 30,*в*. Эта схема составляется из последовательно соединенных индуктивностей L и шунтирующих конденсаторов C. Время распространения колебания от начала к концу такой линии определяется, как $\tau = n\sqrt{LC}$, где n — число звеньев.

Звеном называется соединение одной индуктивности с шунтирующим конденсатором. Для уменьшения искаже-



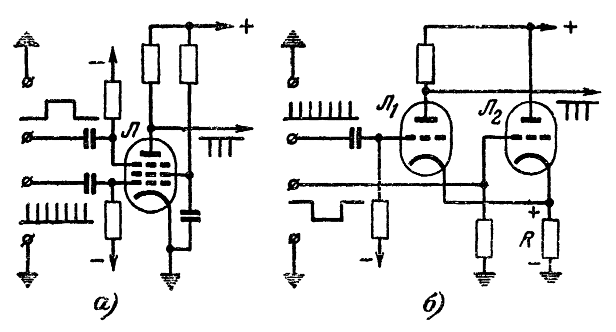
Фиг. 30. Схемы для задержки импульсов во времени.

ний линия должна быть нагружена на сопротивление R, равное волновому сопротивлению линии ($R = \sqrt{L/C}$). Число звеньев выбирают обычно в пределах от 5 до 15 в зависимости от требуемого времени задержки и допустимых искажений сигналов.

Ключевые схемы. Ключевые схемы применяются для выделения в определенные промежутки времени из последовательности импульсных сигналов нескольких импульсов.

В схеме на фиг. 31,*а* лампа *Л* находится в запертом состоянии за счет отрицательного потенциала на третьей (антидинатронной) сетке. При подаче в цепь третьей сетки положительного управляющего ключевого импульса лампа отпирается и происходит усиление входных сигналов, подаваемых в цепь первой управляющей сетки.

В схеме фиг. 31,*б* ключевой сигнал в отрицательной полярности подается на сетку триода $Л_2$ и запирает его.



Фиг. 31. Ключевые схемы.

Анодный ток лампы $Л_2$ уменьшается и в связи с этим уменьшается падение напряжения на общем катодном сопротивлении R ламп $Л_2$ и $Л_1$. Параметры схемы выбраны так, чтобы до появления ключевого сигнала падение напряжения на сопротивлении R было достаточным для запирания лампы $Л_1$. Таким образом, при подаче ключевого сигнала уменьшается величина отрицательного смещения в цепи сетки лампы $Л_1$, и она усиливает входные сигналы.

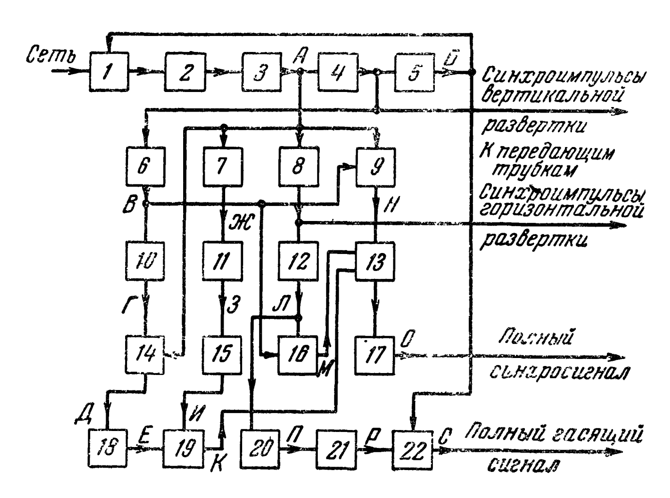
Блок-схема синхрогенератора

На фиг. 32 представлена одна из возможных блок-схем синхрогенератора. Формы выходных напряжений отдельных узлов его схемы приведены на фиг. 33.

Задающий генератор создает синусоидальное напряжение с частотой 31 250 *гц*, которое преобразуется в выравнивающие импульсы *А*.

Обычно в синхрогенераторах применяется последовательное деление частоты. Так, например, для получения из импульсов с частотой 31 250 *гц* импульсов с частотой 50 *гц* последовательно действуют четыре делителя, каждый из

которых осуществляет деление в отношении 5 : 1. На выходе первого делителя получаются импульсы с частотой 6 250, второго 1 250, третьего 250 и четвертого 50 *гц*. Последовательное деление частоты в синхрогенераторах является причиной того, что число строк развертки равняется произве-



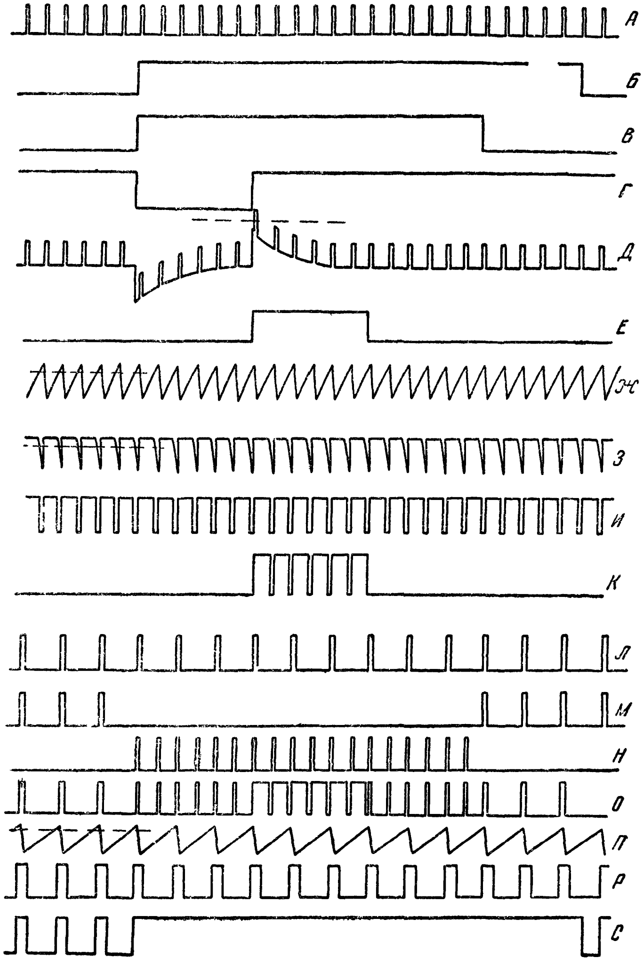
Фиг. 32. Блок-схема синхрогенератора.

1 — фазовый различитель; *2* — задающий генератор; *3* — мультивибратор выравнивающих импульсов (31 250 *гц*); *4* — четыре делителя частоты (по 5 : 1); *5* — мультивибратор вертикальных гасящих импульсов (50 *гц*); *6* — мультивибратор с импульсами в девять строк (50 *гц*); *7* — генератор пилообразного напряжения; *8* — делитель частоты 2 : 1 (15 625 *гц*); *9* — ключевая схема; *10* — мультивибратор с импульсами в три строки (50 *гц*); *11* — ограничитель; *12* — мультивибратор горизонтальных синхронизирующих импульсов (15 625 *гц*); *13* — смеситель; *14* — дифференцирующее и смешивающее устройство; *15* — ограничитель; *16* — ключевая схема; *17* — ограничитель; *18* — мультивибратор с импульсами в три строки (50 *гц*); *19* — ключевая схема; *20* — генератор пилообразного напряжения; *21* — мультивибратор горизонтальных гасящих импульсов; *22* — смеситель и ограничитель гасящих сигналов

дению целых чисел, меньших десяти, которые при чересстрочной развертке должны быть нечетными. Например, в Англии число строк развертки равно $405 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5$, в США — $525 = 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7$, в СССР — $625 = 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5$.

Узкие импульсы с частотой 50 *гц*, полученные в результате деления частоты выравнивающих импульсов, запускают мультивибратор, создающий импульсы *В* длительностью в 9 *Т* (девять строк), и мультивибратор вертикальных гасящих сигналов *Б* длительностью 25 *Т*. Последние вместе с горизонтальными гасящими импульсами замешиваются в сигналы изображения.

Импульсы длительностью в 9 T с помощью ключевой схемы выделяют восемнадцать выравнивающих импульсов H, а также прекращают в то же время подачу к смеси-

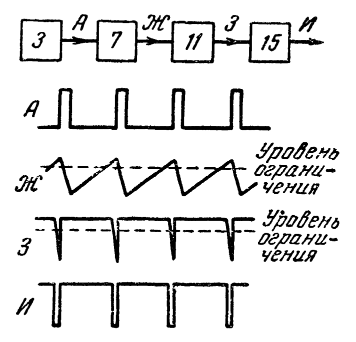


Фиг. 33. Графики напряжений в различных цепях схемы фиг. 32.

телю горизонтальных синхронизирующих импульсов M. Кроме того, они запускают мультивибратор, создающий импульсы $Г$ длительностью в 3 T, которые после дифферен-

цирования и смешивания с выравнивающими импульсами *Д* используются для запуска мультивибратора ключевого сигнала также длительностью в 3 *T*. Запуск этого мультивибратора производится седьмым выравнивающим импульсом, начиная от переднего края сигнала длительностью 9 *T*, так как величина седьмого импульса после смешивания с продифференцированным сигналом будет наибольшей.

Импульсы *Е* длительностью в 3 *T* служат для отпирания ключевой схемы, выделяющей шесть импульсов *К* из последовательности импульсов *И*.



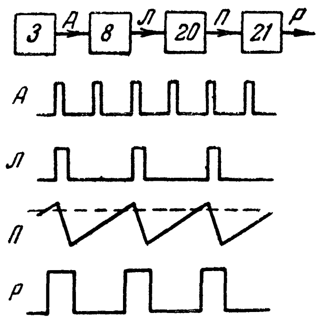
Фиг. 34. Формирование вспомогательных сигналов для вертикального синхросигнала.

3 — мультивибратор выравнивающих импульсов; *7* — генератор пилообразного напряжения; *11* — ограничитель-усилитель; *15* — ограничитель-усилитель.

Способ получения сигналов для синхронизации вертикальной развертки приемников состоит в следующем. Выравнивающие импульсы управляют работой генератора пилообразного напряжения (схема генератора изображена на фиг. 30,*б*) При отсутствии импульсов напряжение на конденсаторе медленно растет, а при воздействии импульсов лампа отпирается и конденсатор быстро разряжается. Пилообразное напряжение *Ж* (фиг. 34) поступает на ограничитель-усилитель, который «отсекает» от пилообразного напряжения только небольшой треугольник на вершине. Одновременно с ограничением происходит усиление с изменением полярности выходного напряжения *З*. Это напряжение снова подводится к ограничителю, на выходе которого получаются почти прямоугольные кадровые импульсы *И* с очень крутым передним фронтом. Из этой последовательности, как уже указывалось, выделяются шесть импульсов *К* (фиг. 33).

Сигналы синхронизации горизонтальной развертки образуются путем деления частоты выравнивающих импульсов в отношении 2 : 1 и запуска полученными в результате деления импульсами *Л* мультивибратора с длительностью выходных импульсов 8% *T*. После удаления девяти импульсов этот сигнал *М* вместе с выравнивающими импульсами *Н* и сигналом *К* подводятся к смесителю-ограничителю, на выходе которого создается полный сигнал синхронизации *О*.

Остается рассмотреть вопрос о формировании горизонтальных гасящих сигналов. Передний край этих сигналов должен появляться (как следует из фиг. 22) несколько раньше, чем передний край синхронизующих импульсов. Для задержки во времени можно применить схему, изображенную на фиг. 35. Выравнивающие импульсы *А* после деления их частоты в отношении 2 : 1 (*Л*) управляют работой генератора пилообразного напряжения. Пилообразное напряжение *П* используется для запуска мультивибратора горизонтальных гасящих сигналов *Р*. Уровень срабатывания схемы мультивибратора подбирают так, чтобы возрастающее пилообразное напряжение в требуемый момент времени достигло этого уровня.



Фиг. 35. Формирование горизонтальных гасящих сигналов.

3 — мультивибратор выравнивающих импульсов; *8* — делитель частоты (2 : 1); *20* — генератор пилообразного напряжения; *21* — мультивибратор гасящих импульсов.

Горизонтальные *Р* и вертикальные *Б* гасящие сигналы подводятся к смесителю-ограничителю, на выходе которого получается полный гасящий сигнал *С*.

С помощью фазового различителя производится изменение частоты импульсов, создаваемых синхрогенератором, в соответствии с изменением частоты питающей сети. На выходе фазового различителя создается напряжение, величина которого пропорциональна разности фаз между сетевым синусоидальным напряжением и импульсами, следующими с частотой полукадров, полученных в результате деления частоты задающего генератора в отношении 625 : 1. Выходное напряжение фазового различителя управляет частотой задающего генератора. Управление частотой производится с помощью *реактивной лампы*, являющейся составной частью реактивности (обычно емкости) колебательного контура задающего генератора. При изменении напряжения на управляющей сетке реактивной лампы изменяется величина той емкости, которую эта лампа вносит в колебательный контур, и поэтому меняется частота генерируемых колебаний. Таким образом, всегда обеспечивается равенство частоты вертикальной развертки и питающей сети.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ЦЕНТР

Комплекс помещений с оборудованием, предназначенным для осуществления телевизионных передач, называют *телевизионным центром* (телецентром). В состав телецентра входят радиопередатчики телевизионных сигналов и сигналов звукового сопровождения, студия, из которой производятся передачи спектаклей, концертов, студийная и киноаппаратные, декорационные, артистические комнаты, костюмерные и другие вспомогательные помещения.

Вблизи передатчика располагается башня высотой 150—180 *м*, на которой устанавливается передающая антенна, а также антенны, предназначенные для приема сигналов от передвижной телевизионной станции, с помощью которой производятся внестудийные передачи со стадионов, из театров, с площадей и т. п.

Телевизионная студия

Площадь студии обычно составляет 100—400 *м*² и высота студии равна 7—9 *м*. Вдоль стен студии на узком балконе располагаются многочисленные осветительные приборы. Стены студии отделаны особым звуконепроницаемым покрытием, предохраняющим от проникновения посторонних звуков извне. Другой особенностью отделки студии является создание необходимого заглушения для предотвращения длительного послезвучания (эхо) и для равномерного рассеяния звуковой энергии, без концентрации ее в отдельных участках помещения. На потолке студии крепятся осветительные приборы верхнего света. Проходы в студию снабжены звуконепроницаемыми тамбурами. Для вноса и выноса декораций имеются большие проемы, прикрываемые двустворчатыми воротами.

В больших студиях возможно осуществление самых разнообразных постановок, с многолюдными массовыми сценами, а при передаче камерных сцен крупными и средними планами в разных частях оборудуется сразу несколько сценических площадок и в отличие от театра, где для смены декораций требуется известный промежуток времени, переход от одной площадки к другой здесь происходит весьма быстро.

В студии находятся *передающие камеры*, в которых смонтированы передающая трубка, объективы, предварительный усилитель, приспособление для наводки на фокус.

Студийные камеры устанавливаются на подвижных штативах и легко перемещаются оператором по студии. С помощью гибкого многожильного кабеля камера связывается с аппаратной. Обычно одновременно включено несколько камер (3—4), в зависимости от величины студии, числа сценических площадок, характера передаваемой сцены и т. п. Одна из камер дает изображение, например, крупным, а вторая средним планом и по указанию режиссера, руководящего передачей, одно из изображений используется для программы. Камеры могут также давать изображения в одном масштабе, но под разными углами зрения, точнее, с различных точек зрения, а также использоваться для других художественных эффектов.

В студии находятся *микрофоны*, прикрепляемые к легким наклонным штангам. Штанги-стрелы монтируются на передвижных штативах, бесшумно перемещаемых по студии оператором. Микрофон располагается вблизи от исполнителей, но не в поле зрения объектива камеры. Чаще всего в практике студий применяются направленные микрофоны, воспринимающие звуки только из узкого телесного угла в передней полусфере.

В студии находится большое число разнообразных *осветительных приборов*. Источники света располагаются так, чтобы передаваемая сцена имела достаточное количество полутонов, чтобы отсутствовали глубокие тени или односторонне-ярковысвеченные исполнители или декорации, расположенные в поле зрения камеры. Мощность одновременно включенных осветительных приборов достигает нескольких десятков киловатт.

Основными источниками света в студиях являются лампы накаливания мощностью от 300 *вт* до 3—5 *квт*. Менее мощные из этих ламп используются группами по 10—20 шт. для общего верхнего и бокового освещения. Помимо обычных ламп накаливания, имеющих прозрачный стеклянный баллон, используются также лампы, у которых колба одновременно является рефлектором. Форма колбы такой лампы напоминает форму небольшой приемной электронно-лучевой трубки. Внутренняя боковая поверхность колбы покрыта зеркально отражающим металлическим слоем, а передняя поверхность матовая.

Мощные лампы (по одной) устанавливаются в прожекторах, снабженных зеркальным отражателем и иногда специальным передним теплопоглощающим стеклом. Прожекторы используются для выделения отдельных деталей или создания световых эффектов.

Большие мощности, рассеиваемые источниками света в виде тепла, повышают температуру в студии и вносят много неудобств в работу исполнителей и технического персонала. Для облегчения условий работы студии оборудуются специальными вентиляционными установками. В последнее время в практику освещения студий внедряются лампы «холодного» флуоресцентного света.

В связи с тем что чувствительность передающих трубок обладает ярко выраженной спектральной зависимостью, источники света должны излучать свет, спектральный состав которого соответствует максимальной чувствительности трубки. В противном случае использование мощности, затрачиваемой на освещение, будет весьма небольшим, а усилия, направленные на создание художественных эффектов, могут оказаться тщетными.

Включение и выключение источников света обычно осуществляются централизованно главным осветителем со специального пульта, устанавливаемого в комнате, отделенной от студии звуконепроницаемым окном. Для упрощения конструкции пульта и всего монтажа силовых линий управление светом производится обычно по ступенчатой схеме: при нажатии кнопки, находящейся на пульте, замыкается цепь того или иного реле, а реле замыкает сильноточную цепь соответствующего осветительного прибора.

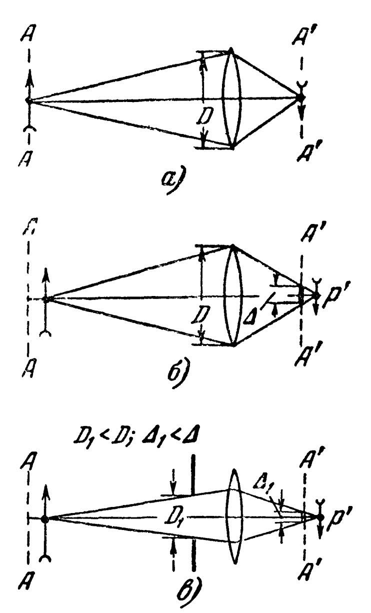
Оперативность в работе студии обеспечивается разветвленной сетью телефонной связи. Почти весь обслуживающий персонал, находящийся в студии, снабжен головными телефонами, по которым передаются указания от режиссера, звукооператора и технического персонала, находящихся в аппаратной. В студии имеется также громкоговорящая установка для подачи общих распоряжений перед передачей или во время репетиций.

Передающая камера

Конструкция телевизионной камеры определяется в основном типом передающей трубки.

По своей оптической схеме камера сходна с обычным фотографическим аппаратом, где свет, отраженный объек-

том съемки, с помощью объектива фокусируется на светочувствительную поверхность. Наиболее резкая фокусировка изображения будет только для объектов, расположенных в одной определенной плоскости, перпендикулярной оптической оси камеры. Например, если светочувствительная поверхность находится в плоскости $A'A'$ (фиг. 36,*а*), то возможна резкая фокусировка объектов, находящихся в некоторой плоскости AA. Реальные объекты передачи расположены не в одной плоскости. По мере удаления объектов от плоскости AA их воспроизведение становится все более размытым. На фиг. 36,*б* изображен обьект, удаленный от плоскости AA на некоторое расстояние. Резкое воспроизведение этого объекта было бы в плоскости правее $A'A'$, а в плоскости мозаики ($A'A'$) точка p' объекта воспроизведется в виде *кружка* с диаметром Δ. Величину кружка размытости можно уменьшить, уменьшив входное отверстие объектива (фиг. 36,*в*). Для этой цели объективы снабжаются *диафрагмами.*

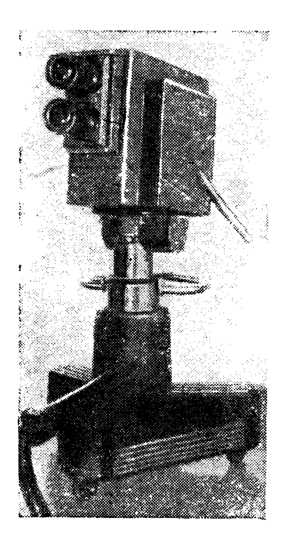


Фиг. 36. Зависимость глубины поля от величины входного отверстия объектива.

Придав величине Δ определенное, допустимое значение, например равное ширине строки, можно всегда найти в пространстве две граничные плоскости, между которыми объекты будут воспроизводиться достаточно резкими изображениями. Расстояние между граничными плоскостями называется *глубиной поля* зрения объектива, которая увеличивается при уменьшении входного отверстия объектива. Тот же результат может быть получен при *увеличении* фокусного расстояния, т. е. в том случае, когда кривизна поверхностей линз меньшая и потому плоскость фокусировки находится на большем расстоянии от объектива.

Светотехнические свойства объективов, их светосильность, оцениваются так называемым *относительным отвер-*

стием (отношением диаметра к фокусному расстоянию). Чем больше относительное отверстие, тем меньше глубина поля. Однако световой поток, пропускаемый объективом, увеличивается с увеличением относительного отверстия (световой поток, а значит, и выходной сигнал пропорциональны квадрату относительного отверстия). Уменьшая диаметр диафрагмы, оператор увеличивает глубину поля, но одновременно с этим уменьшает выходной сигнал, ибо уменьшается световой поток, падающий на светочувствительный элемент трубки.



Фиг. 37. Передающая камера с иконоскопом.

При использовании иконоскопов размеры колбы трубки ставят предел уменьшению фокусного расстояния (применяемые в камерах с иконоскопами объективы имеют фокусные расстояния не меньше 180—250 *мм*). Для того чтобы объектив пропускал достаточный световой поток, а для малочувствительного иконоскопа это очень существенно, диаметр объектива должен быть большим. Такие объективы неудобны в эксплуатации и стоимость их велика. Кроме того, при работе с длиннофокусными объективами помещение студии должно быть достаточно большим, так как только в этом случае можно будет передавать изображения средним и общим планами. В настоящее время для работы, как правило, используются трубки типа Шмакова-Тимофеева, а также ортиконы с переносом изображения, так как эти трубки могут работать с короткофокусными объективами и, кроме того, обладают высокой чувствительностью.

На фиг. 37 показана студийная камера с иконоскопом. На передней поверхности этой камеры расположены два объектива. Один из них (нижний) предназначен для проекции изображения на мозаику, а другой относится к *видоискателю* камеры. Смена объективов в таких камерах не практикуется; для изменения масштаба изображения перемещается сама камера. Фокусировка изображения осуществляется специальным механизмом, перемещающим одновременно оба объектива вместе с панелью, на которой они закреплены.

Видоискатель (устройство, позволяющее оператору рассматривать то изображение, которое проектируется на мозаику трубки) необходим для того, чтобы оператор знал точные границы сцены, заключенной в кадре, и для наводки на резкость. Оптический видоискатель состоит из объектива, системы зеркал и матового стекла. Все устройство настроено так, что на матовое стекло проектируется точно такое же изображение, как на мозаику.

Нужно заметить, что оптическому видоискателю свойственны погрешности, вызываемые несовпадением оптических осей объективов, так как верхний объектив проектирует изображение с несколько иной точки зрения, чем нижний.

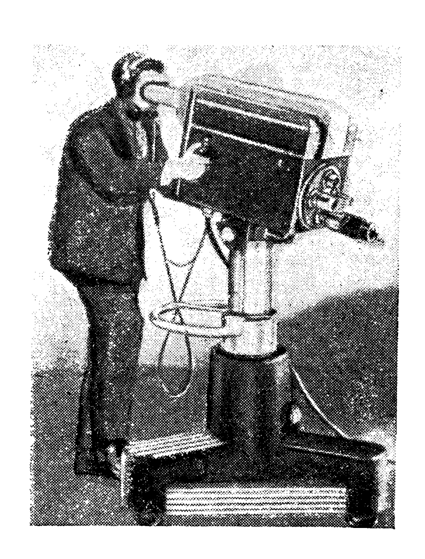
Студийные камеры устанавливаются на штативах. Последние обеспечивают подвижность, возможность наклона и поворота камеры. На массивном основании закреплена колонна, состоящая из трех трубчатых коаксиальных цилиндров, входящих один внутрь другого. С помощью электродвигателя, находящегося в основании, верхние цилиндры могут по желанию оператора подниматься или опускаться. Помимо этого, камера может поворачиваться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Вся конструкция установлена на трех колесах.

Внутри камеры расположена передающая трубка с отклоняющими катушками, предварительный усилитель видеосигналов, усилитель гасящих сигналов, а также генераторы вертикальной и горизонтальной развертки. Для получения наибольшего отношения полезного сигнала к флюктуационным (тепловым) помехам, развиваемым в любом электрическом сопротивлении, нагрузочное сопротивление передающей трубки должно быть большим. Трубки обычно нагружаются сопротивлениями порядка 100 *ком*. В этих случаях начинает существенно сказываться влияние входной емкости первой лампы и монтажа.

Для компенсации искажений, вносимых входной цепью, нагрузка одного из последующих каскадов предварительного усилителя выбирается также реактивной, но с реактивностью другого знака, создающей *подъем* частотной характеристики на высоких частотах. Такой нагрузкой является индуктивность, соединенная последовательно с небольшим активным сопротивлением, или разделительная реостатно-емкостная цепь, подобная обычной цепи $R_c\,C_c$ междукаскадной связи, но с малой постоянной времени. Для точного

подбора постоянной времени компенсирующей цепи один из ее элементов обычно делается переменным.

Для обеспечения неискаженной передачи видеосигналов выходное сопротивление усилителя должно быть равным входному (волновому) сопротивлению кабеля, по которому они передаются в аппаратную. Волновые сопротивления применяемых кабелей составляют 50—150 *ом*. Удобной согласующей схемой является катодный повторитель, используемый в данном случае.



Фиг. 38. Передающая камера, в которой используется ортикон с переносом изображения.

К камере подводятся вертикальные и горизонтальные синхроимпульсы, запускающие соответствующие генераторы развертки. Эти же импульсы в смесительном устройстве преобразуются в гасящие импульсы. В камеру поступают сигналы сигнализации и связи, а также необходимые напряжения питания ее узлов.

В студийных камерах с трубками Шмакова-Тимофеева или ортиконами с переносом изображения (фиг. 38) объективы монтируются на поворотном диске, устанавливаемом на передней поверхности камеры. Для замены объектива оператор поворачивает рукоятку, расположенную на задней стенке камеры. Наличие системы легко сменяемых объективов обеспечивает возможность изменения масштаба изображения без перемещения камеры. Это удобно не только в студии, но в особенности при внестудийных передачах.

Фокусировка изображения производится путем перемещения самой трубки вдоль оптической оси относительно неподвижного объектива. Механизм фокусировки приводится в действие с помощью рукоятки, расположенной на правой стенке камеры.

В таких камерах применяется электронный видоискатель. Этот видоискатель является, по существу, видеоконтрольным приемником с небольшой электронно-лучевой трубкой (диаметр экрана 10—12 *см*).

Электронный видоискатель свободен от недостатков, присущих оптическому, и оператор наблюдает то изображение, которое в действительности передается по тракту. Помимо устранения чисто оптических погрешностей, здесь устраняется несоответствие изображений, связанное с различными спектральными чувствительностями глаза и передающей трубки, что способствует более правильной наводке на оптимальную резкость. Кроме того, яркость экрана трубки может быть сделана достаточно большой, что также существенно для фокусировки, особенно при передаче слабо освещенных сцен, когда возможно использование ортикона с переносом изображения.

Телевизионная аппаратная

В аппаратной находится оборудование для усиления и окончательного формирования телевизионных сигналов, посылаемых далее к модулятору радиопередатчика. В аппаратную подводятся видеосигналы от всех передающих камер, а также сигналы звукового сопровождения от микрофонов, звукоснимателей, фотоэлементов кинопроекторов и т. п.

В аппаратной осуществляется контроль качества передаваемых изображений и связанные с этим различные регулировки, а также оперативное управление процессом передачи.

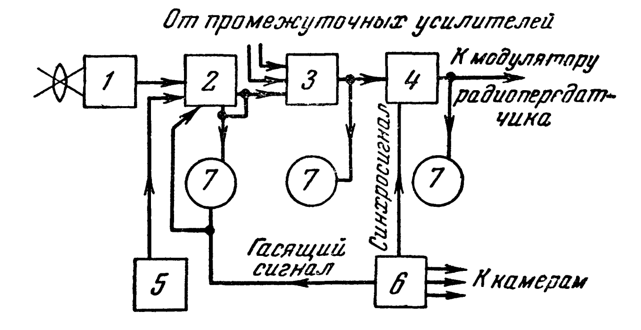
Аппаратная примыкает к студии и находится обычно на уровне второго этажа так, чтобы через широкое звуконепроницаемое окно из нее можно было наблюдать за происходящим в студии. Перед окном в виде узкого длинного стола установлен пульт, на котором сосредоточены органы управления, необходимые для технического и художественного руководства передачей. Здесь же расположено несколько видеоконтрольных устройств, на экранах которых можно наблюдать изображения, создаваемые любой из камер, а также изображения, которые подаются на радиопередатчик. У пульта во время передачи находятся режиссер и его помощник, звукооператор и техник, управляющий телевизионной аппаратурой.

Телевизионное и звуковое оборудование (усилители, синхрогенераторы, выпрямители и другие узлы) смонтировано

обычно либо в отсеках пульта, либо в стойках-шкафах. Ответственные узлы оборудования (например, синхрогенератор) резервируются на случай выхода из строя.

Рассмотрим упрощенную блок-схему телевизионной аппаратной (фиг. 39) и установим назначение отдельных элементов и взаимосвязь между ними.

Видеосигналы с выходов предварительных усилителей камер, расположенных на расстоянии нескольких десятков метров от аппаратной, подводятся к *промежуточным усили-*



Фиг. 39. Упрощенная блок схема оборудования телевизионной аппаратной.

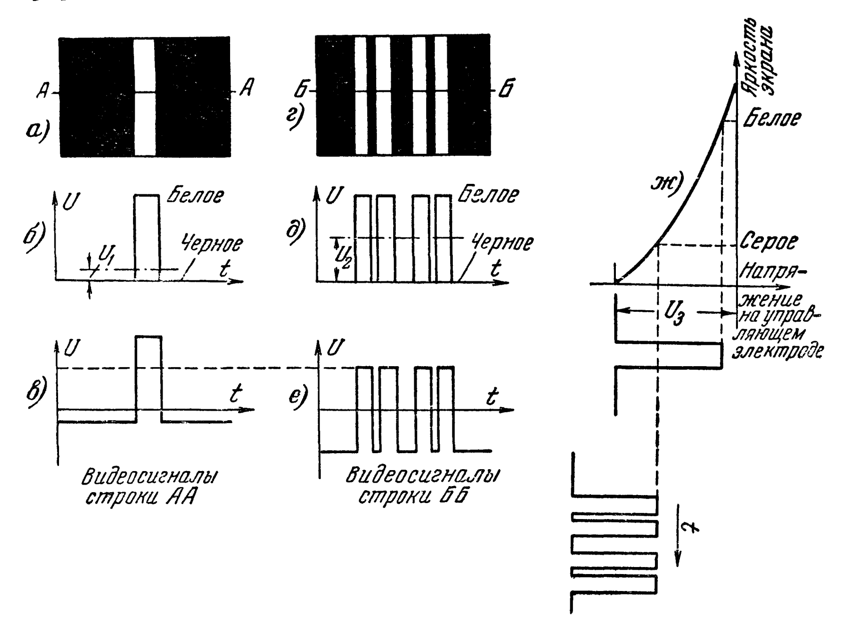
1 — камера; *2* — промежуточный усилитель; *3* — смеситель; *4* — линейный усилитель; *5* — генератор компенсирующих сигналов; *6* — синхрогенератор; *7* — контрольные устройства.

телям. Каждой камере соответствует отдельный промежуточный усилитель, назначение которого состоит в увеличении уровня сигнала от нескольких десятых вольта приблизительно до 1 *в*. В промежуточном усилителе производится смешивание видеосигналов с сигналами, компенсирующими эффект черного пятна, и с гасящими импульсами, создаваемыми синхрогенератором.

С выхода промежуточного усилителя телевизионные сигналы по кабелю подводятся к *усилителю-смесителю.* Сюда поступают сигналы от всех промежуточных усилителей, т. е. от всех камер, занятых в передаче. Переключение с изображения от одной камеры к другой может быть произведено быстро (скачком) или путем плавной замены одного изображения другим. Можно также включить одновременно две камеры и передавать, например, исполнителя (занятого в студии) на фоне изображения, получаемого с кинокамеры,

и т. п. Управление смесителем производится с главного пульта.

Сигнал изображения, предназначенного для передачи, подводятся далее к *линейному усилителю.* В этом усилителе осуществляются дальнейшее усиление сигналов (примерно до 5 *в*) и введение импульсов синхронизации. Для контроля формы сигнала и качества изображения имеются осцилло-



Фиг. 40. Постоянная составляющая в видеосигналах.

скопы и видеоконтрольные устройства. Оконечный каскад линейного усилителя (катодный повторитель) нагружен кабельной линией, соединяющей аппаратную с модуляторами радиопередатчика.

Средняя освещенность передаваемых изображений характеризуется величиной *постоянной составляющей* видеосигналов.

Предположим, что объект передачи представляет собой яркую, белую полосу на черном фоне (фиг. 40,*а*), например исполнитель в белой одежде на фоне черного занавеса. Сигнал с постоянной составляющией U_1, соответствующий этому изображению, показан на фиг. 40,*б*, а без постоянной соста-

вляющей — на фиг. 40,*в*. На фиг. 40,*ж* $U_з$ — напряжение запирания приемной трубки.

Если в кадре появилось несколько вертикальных белых полос (большая группа исполнителей в белом), то при этом постоянная составляющая сигнала увеличится от U_1 до U_2 (фиг. 40,*д*). После утраты постоянной составляющей (фиг. 40,*е*) вершины импульсов окажутся на более низком уровне (одежда вместо белой станет серой). Можно, конечно, устранить указанные искажения яркости изменениями смещения трубки, однако затруднять зрителя подобными регулировками нельзя. Поэтому постоянная составляющая вводится в видеосигналы на телецентре.

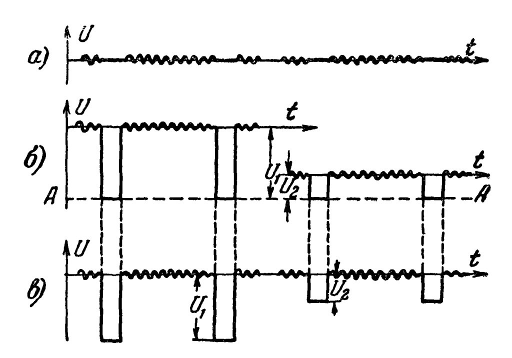
В сигналах, которые поступают в аппаратную, постоянная составляющая отсутствует, так как она не передается предшествующими усилительными каскадами с реостатно-емкостной связью, даже если она имеется на выходе передающей трубки, как это, например, имеет место в ортиконе с переносом изображения. Поэтому сигналы, соответствующие изображениям, отличающимся друг от друга только средней освещенностью, на выходе предварительного усилителя будут одинаковыми, как это показано на фиг. 41,*а*.

Информация о средней освещенности вводится в телевизионный сигнал за счет добавления в промежуточном усилителе к видеосигналам гасящих импульсов, величина которых устанавливается прямо пропорциональной средней освещенности передаваемого изображения. Восстановление постоянной составляющей осуществляется путем фиксации на выходе приемника вершин гасящих импульсов на одном уровне *АА* (уровне черного), и тогда среднее значение сигнала оказывается отстоящим от уровня черного на величину гасящих импульсов, т. е. на величину введенной ранее постоянной составляющей (фиг. 41,*б*).

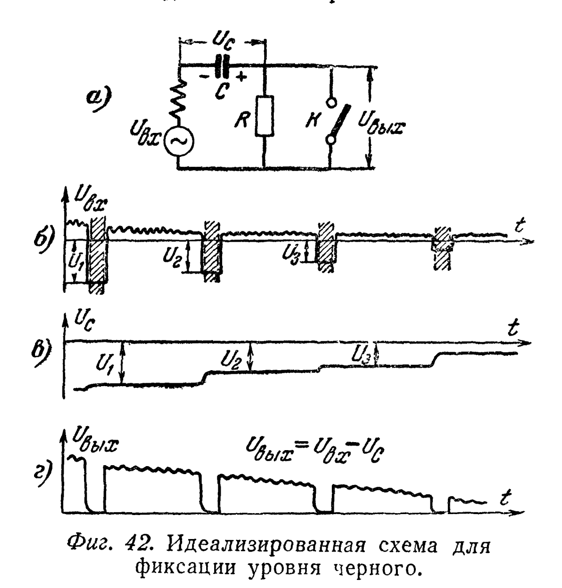
На фиг. 41,*в* изображены телевизионные сигналы от двух изображений, отличающихся друг от друга лишь средней освещенностью, что можно сразу определить, так как сигнал изображений слева отличается от сигнала, изображенного справа, лишь величиной гасящих импульсов.

Идеализированная схема для фиксации уровня черного изображена на фиг. 42,*а*. Входной сигнал $U_{вх}$ без постоянной составляющей содержит гасящие импульсы, величина которых меняется. Ключ *К* замыкается в промежутки времени, заштрихованные на фиг. 42,*б*.

Постоянная времени цепи заряда конденсатора выбирается очень малой по сравнению с длительностью промежутка, во время которого ключ замкнут, а потому после



Фиг. 41. Величина гасящих импульсов пропорциональна средней освещенности передаваемого изображения.



Фиг. 42. *Идеализированная схема для фиксации уровня черного.*

каждого замыкания ключа конденсатор C весьма быстро перезаряжается до напряжения, равного напряжению входного сигнала в этот промежуток времени, т. е. соответственно до напряжений U_1, U_2, U_3 и т. д. (фиг. 42,*в*).

После размыкания ключа разрядная цепь остается практически разомкнутой (сопротивление R очень велико), заряд конденсатора не меняется и напряжение на нем остается постоянным вплоть до следующего момента замыкания ключа.

В любой из промежутков времени, пока ключ замкнут, выходное напряжение равно нулю, что следует непосредственно из схемы. В общем же случае выходное напряжение равно разности между входным напряжением и напряжением на конденсаторе C (фиг. 42,*г*). Когда ключ разомкнут, переменное входное напряжение является в то же время и переменным выходным напряжением, однако последнее оказывается смещенным на величину неизменного до следующего замыкания ключа напряжения на конденсаторе.

При замыкании ключа напряжение на конденсаторе меняется на такую же величину, на какую изменяется величина гасящего импульса.

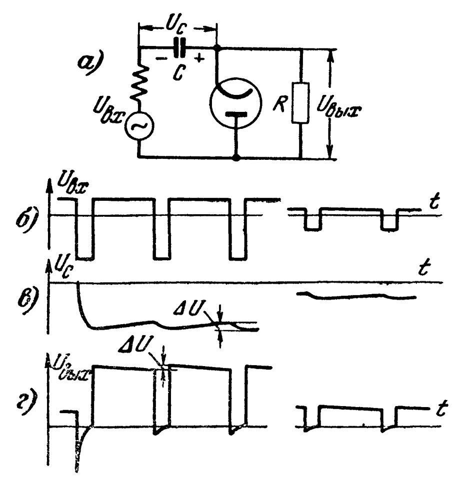
Таким образом, на выходе схемы основания гасящих импульсов оказываются «привязанными» к неизменному нулевому уровню независимо от их величины на входе схемы. Если последовательно с ключом включить батарею смещения, то уровень привязывания (фиксации) изменится в соответствии с полярностью и величиной напряжения батареи.

Схема, изображенная на фиг. 43,*а*, по своему действию сходна с только что описанной идеализированной схемой. Роль ключа здесь выполняет диод, который отпирается под действием гасящих импульсов телевизионного сигнала, изображенного на фиг. 43,*б*. Когда диод открывается, конденсатор C быстро заряжается до пикового значения входного напряжения (фиг. 43,*в*), ибо внутреннее сопротивление диода и источника входного напряжения мало (постоянная времени заряда конденсатора меньше длительности гасящего импульса). Значит, выходное напряжение быстро увеличится до нуля и затем уже не будет изменяться до тех пор, пока продолжает действовать гасящий импульс (фиг. 43,*г*).

По прекращении действия гасящего импульса диод запирается и конденсатор медленно разряжается через большое сопротивление R. Постоянная времени RC должна быть подобрана так, чтобы за интервал горизонтальной развертки изменение среднего значения выходного напряжения было равно или несколько больше возможного изменения величины гасящего импульса, тогда следующий импульс снова откроет диод. Последнее обстоятельство отличает схему с диодом от идеализированной схемы. Поскольку за этот интер-

вал изменение гасящих импульсов практически невелико, постоянная времени RC может быть выбрана достаточно большой и низкочастотные искажения, вносимые схемой, оказываются незначительными.

Включив последовательно с диодом источник смещения, можно в любом направлении изменить уровень фиксации, сделав его, например, равным напряжению запирания приемной трубки.



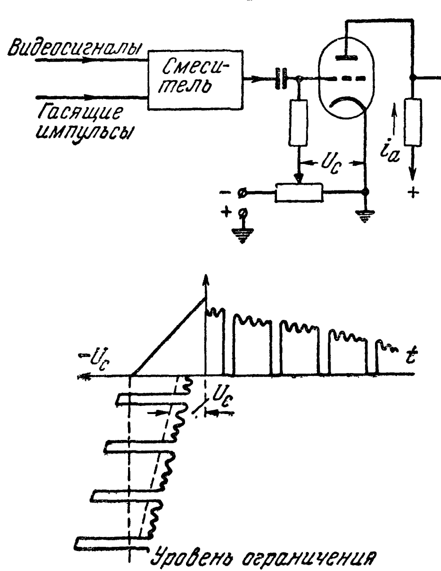
Фиг. 43. Схема с диодом для фиксации уровня черного.

Введение и регулировка величины гасящих импульсов осуществляются в промежуточном усилителе следующим образом.

После усиления в первом каскаде промежуточного усилителя видеосигналы подводятся к схеме смесителя. К другому входу смесителя подводятся гасящие импульсы неизменной величины. Смешанный сигнал поступает на сетку усилительной лампы, смещение которой может меняться. За счет нижней отсечки анодного тока в этом каскаде производится ограничение уровня гасящих импульсов (фиг. 44).

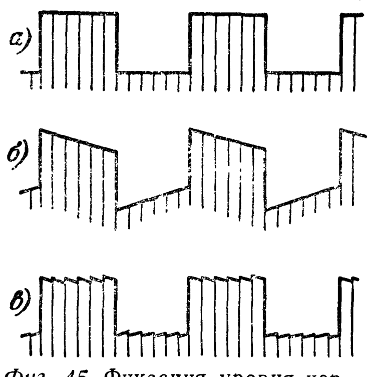
Изменение уровня ограничения эквивалентно изменению постоянной составляющей. Оператор, производящий данную регулировку, знаком с характером передачи и наблюдает на экране контрольного устройства за передаваемым изображением.

Иногда при передаче кинофильмов, когда смена различно освещенных кадров может быть весьма быстрой, изменение уровня смещения производится автоматически. Для этого устанавливают специальный фотоэлемент, на фотокатод которого с помощью объектива проектируются передаваемые кадры. Фототок в этом случае будет пропорционален средней освещенности кадра. Он используется для управления смещением на сетке ограничителя.



Фиг. 44. Схема для регулировки величины гасящих сигналов (введение постоянной составляющей).

После введения информации о средней освещенности в тракте могут быть допущены значительные низкочастотные искажения. На фиг. 45,*а* изображен тот же самый низкочастотный телевизионный сигнал, который был показан на фиг. 16,*б*; он соответствует световому объекту, состоящему из двух горизонтальных полос с разной яркостью (фиг. 16,*а*). Отличие в сигналах лишь в том, что на фиг. 45 добавлены гасящие импульсы (для простоты на каждом из полукадров изображено вместо 312 только 13 гасящих импульсов). Предполагается, что до введения гасящих импульсов усилительный тракт не вносил значительных низкочастотных искажений.



Фиг. 45. Фиксация уровня черного устраняет низкочастотные искажения.

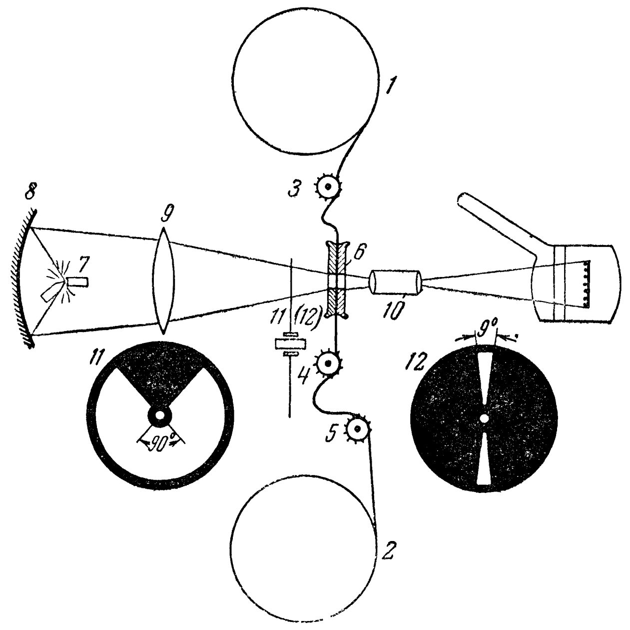
Если после введения гасящих импульсов усилитель внесет указанные искажения, то сигнал примет вид, как пока-

зано на фиг. 45,*б*. На выходе системы (у приемной трубки) осуществляется фиксация уровня черного и сигнал снова становится похожим на исходный (фиг. 45,*в*).

Телевизионная киноаппаратура

В программах телевизионного вещания значительное место отводится демонстрации кинофильмов.

Кинопроекционный аппарат, с помощью которого обычно осуществляется демонстрация кинофильмов, состоит из двух



Фиг. 46. Упрощенная схема кинопроекционного аппарата.

основных частей: лентопротяжного механизма и проекционной системы. Помимо этого, в аппарате предусмотрено устройство для преобразования с помощью фотоэлемента фотографически записанного звукового сопровождения (фонограммы) в электрические сигналы. Упрощенная схема кинопроекционного аппарата изображена на фиг. 46.

По бокам кинопленки имеются отверстия (перфорация), в которые входят зубцы барабанов *3*, *4* и *5*, и при вращении последних пленка транспортируется из подающей *1* в при-

емную *2* кассеты. Один из зубчатых барабанов вращается не непрерывно, а скачкообразно (барабан *4*), т. е. некоторый промежуток времени он находится в покое, а затем поворачивается и продергивает пленку как раз на расстояние, равное высоте кинокадра. На участке между барабанами *3* и *4* пленка проходит мимо окна *6*, размеры которого в точности равны размерам кинокадра. Таким образом, в окне последовательно останавливается на некоторый промежуток времени каждый кинокадр.

Проекционная система состоит из источника света *7* (мощной лампы накаливания или дуговой лампы), отражающего зеркала *8*, линзы *9* и объектива *10*. Зеркало и линза концентрируют в кадровом окне свет, а объектив проектирует изображение освещенного кинокадра на мозаику иконоскопа (в кинотеатрах, конечно, изображение проектируется на экран). На пути световых лучей установлен обтюратор *11* (вращающаяся заслонка), прикрывающий свет в те промежутки времени, когда производится продергивание пленки. Поэтому процесс перемещения пленки остается для зрителя, наблюдающего за изображением на экране, незаметным.

Частота смены кадров выбрана достаточно большой для того, чтобы наблюдатель не ощущал перерывов в засвете экрана[1]. В сознании наблюдателя отдельные фазы движения суммируются в слитное движущееся изображение.

Для уяснения особенностей телевизионной передачи кинофильмов необходимо ознакомиться несколько подробнее с принципом устройства механизма, осуществляющего прерывистое перемещение пленки.

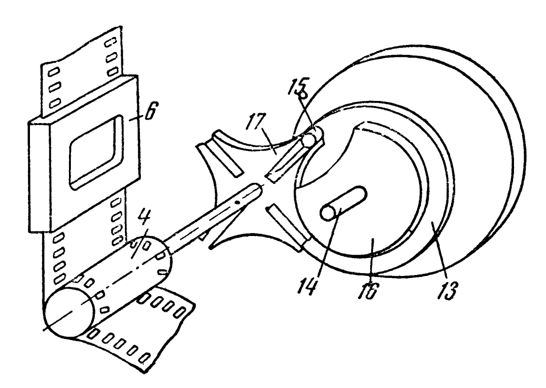
Наиболее распространенный механизм для скачкообразного перемещения пленки схематически изображен на фиг. 47. Он состоит из шайбы *13*, укрепленной на равномерно вращающемся валу *14*. На шайбе *13* установлен палец *15* и другая, фиксирующая шайба *16*. Параллельно валу *14* установлен вал зубчатого барабана *4*. На этом же валу укреплена деталь *17*, называемая *мальтийским крестом*. При вращении палец *15* входит в прорезь мальтийского креста и поворачивает крест и жестко скрепленный с ним барабан *4*

---

[1] В кино принята скорость движения пленки, соответствующая 24 кадрам в секунду. Для устранения эффекта мерцания при этой скорости световой поток перекрывается в действительности дважды за один кадровый период, т. е. в 48 раз в секунду. Одно дополнительное перекрытие производится обтюратором при неподвижной пленке.

на угол 90°. В последующие три четверти оборота шайбы *13* крест и барабан неподвижны, а затем палец снова входит в прорезь и поворачивает барабан еще на 90° и т. д.

Диаметр барабана *4* выбран так, что при его повороте на 90° пленка протягивается на высоту одного кадра. Таким образом, 25% от времени всего кадрового периода пленка находится в движении, а 75% времени — неподвижна. Заметим, что телевизионная система с этой точки зрения более



Фиг. 47. Устройство механизма для скачкообразного перемещения пленки.

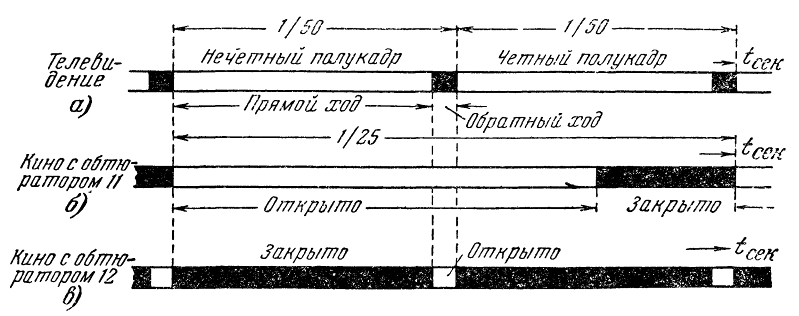
совершенна, так как в ней время обратного хода по вертикали, когда развертывающий луч заперт, составляет лишь 7,5% от кадрового периода.

Неравенство относительных промежутков времени «обратных ходов» является первым несоответствием между характером движения кинопленки и телевизионной разверткой (графики *а* и *б* на фиг. 48).

Второе несоответствие состоит в неравенстве абсолютных значений периодов: в телевидении кадровый период составляет $^1/_{25}$ сек., а в кино — $^1/_{24}$ сек. Однако это несоответствие разрешается легко. Кинопроекционные аппараты, используемые в телевизионных студиях, перемещают пленку с несколько повышенной скоростью, так что в 1 сек. проходит не 24, а 25 кадров. Такое малое увеличение скорости не ощущается зрителем ни в ускорении движений исполнителей, ни в повышении высоты звука.

Первое несоответствие можно было бы устранить, сконструировав мальтийскую (или другую) систему так, чтобы

палец вращал вал зубчатого барабана не $\frac{1}{4}$ часть полного оборота ведущего вала *14*, а, скажем, $^1/_{15}$ часть, т. е. чтобы угол вхождения пальца составлял не 90°, а только 24°. Однако в этом случае чрезвычайно возросли бы скорость и, главное, ускорение пленки во время перемещения, что привело бы к быстрому износу пленки. Поэтому кинопроекционные аппараты, используемые в телевизионных студиях, в этой части лентопротяжного механизма обычно не переделываются.



Фиг. 48. Графики, поясняющие метод засвета передающей трубки при телевизионной кинопередаче.

Из схемы, приведенной на фиг. 46, видно, что при телевизионной передаче изображение кинокадра проектируется объективом на светочувствительный элемент передающей трубки. Рассмотрение графиков *а* и *б* на фиг. 48 показывает, что засвет трубки производится лишь во время развертки первого, например нечетного, полукадра и верхней половины четного полукадра. Если применять рассмотренные ранее телевизионные передающие трубки, в которых используется эффект накопления электрических зарядов, то при развертке нижней половины четного полукадра видеосигнал образуется только за счет «памяти» трубки, т. е. за счет накопленных в предшествующие $^3/_4$ периода электрических зарядов. При развертке же верхней половины изображения видеосигнал образуется как за счет «памяти» трубки, так и за счет засвета, имеющего место при развертке данного участка мозаики или мишени.

Следует заметить, что чувствительность передающих трубок, особенно таких, как иконоскоп и трубка Шмакова-Тимофеева, зависит не только от накопленных за предшествующий кадровый период зарядов, но определяется также нали-

чием засвета при разложении по данной и предшествующей строкам.

Поскольку освещение при развертке двух половин кадра неодинаково, изображение на экране приемника имело бы различную контрастность в верхней и нижней половинах, что, конечно, недопустимо.

Для устранения описанных искажений *засветка трубки производится только во время обратных ходов развертывающего пучка*, т. е. вся мишень работает лишь «по памяти». Время засвета составляет примерно 5% от всего периода (график на фиг. 48,*в*). Для этой цели используется обтюратор *12* в виде непрозрачного диска с двумя узкими щелями (фиг. 46). Угловой размер каждой щели составляет 9°, а время полного оборота обтюратора равно $^1/_{25}$ сек.

С помощью специального устройства положение обтюратора фазируется относительно обратного хода развертки так, чтобы щель пропускала свет как раз во время обратных ходов вертикальной развертки. При использовании в качестве источников света мощных ламп накаливания или дуговых ламп пятипроцентный засвет оказывается достаточным для получения на выходе трубки сигнала нормальной величины.

Как известно, кинофильм транспортируется и проецируется отдельными частями длиной в 250—300 *м* каждая (8—10 мин. демонстрации). Для того чтобы при кинопередаче отсутствовали перерывы, необходимые для перезарядки пленки, работают поочередно два кинопроектора. Обычно используются одна передающая камера и оптический коммутатор (система из плоских зеркал). Поворотом зеркала прекращается доступ световых лучей к камере от одного проектора и открывается доступ лучей от другого.

Описанный способ телевизионной передачи кинофильмов не является единственно возможным. Иногда применяются проекционные аппараты с оптическим выравниванием, в которых пленка движется непрерывно и световой поток не перекрывается обтюратором. При этом используется специальная оптическая система, состоящая из движущихся зеркал, создающих эффект неподвижного изображения. Преимуществами таких аппаратов являются лучшее использование светового потока и меньший износ пленки, однако из-за большой сложности проекторы с оптическим выравниванием широкого распространения не получили. Возможно, что при внедрении цветного телевидения, где работа труб-

ки «по памяти» затруднительна, эти аппараты будут использованы.

Для телевизионной передачи кинофильмов может также использоваться система с «бегающим лучом» (без накопления электрических зарядов). В ней источником света и одновременно развертывающим элементом является точечное пятно, прочерчивающее на экране приемной трубки телевизионный растр (экран трубки обладает в этом случае весьма малым послесвечением). С помощью объектива изображение светового пятна фокусируется в плоскости кинопленки. Таким образом, при движении пленки просвечивается кадр за кадром. С другой стороны кинопленки устанавливается фотоэлемент, на который попадает пропущенный пленкой свет. При перемещении светового пятна фототок меняется в соответствии с изменением прозрачности кинопленки.

Телевизионные передачи из студии часто дополняются киновставками и различными титрами, заготавливаемыми в виде диапозитивов. Последние с помощью проекционных фонарей проектируются на передающую трубку кинокамеры. Использование диапозитивов для создания комбинированных кадров (например, рисованные декорации) не только позволяет достигать нужных художественных эффектов, но и удешевляет стоимость передач.

Внестудийные передачи

Оборудование, предназначенное для внестудийных передач, принципиально не отличается от студийного; к нему лишь предъявляются дополнительные требования, которые определяют конструкцию аппаратуры. Этими требованиями являются:

а) возможность работы при значительно меньших, чем в студии, освещенностях (выше уже было отмечено, что использование высокочувствительных трубок полностью решает эту проблему);

б) простота и оперативность в обслуживании оборудования и в организации передач (малое число лиц обслуживающего персонала и легкость настройки и регулировки);

в) малый вес и габариты оборудования;

г) нормальная работа при значительных колебаниях температуры и влажности.

Все передвижное телевизионное оборудование размещается обычно в блоках чемоданного типа, располагаемых в автобусах. При передачах из автобуса выносятся камеры, устанавливаемые на легких деревянных штативах. Автобус в этом случае является аппаратной.

Комплект аппаратуры состоит из двух или трех телевизионных камер, такого же числа камерных каналов, синхрогенератора, видеоконтрольных устройств и радиопередатчика.

Помимо телевизионного оборудования, в комплект станции входит также аппаратура для передачи сигналов звукового сопровождения, состоящая из микрофонов и усилителей. Сигналы звукового сопровождения передаются на телецентр по проводам телефонной сети либо с помощью радиопередатчика. Для двусторонней служебной связи с телецентром предусмотрена приемо-передающая радиоустановка.

Схема соединения отдельных блоков передвижной телевизионной станции аналогична схеме аппаратной.

В автобусе-аппаратной сделаны стеллажи с амортизационными рамами, на которые устанавливают блоки. В специальных отсеках устанавливаются барабаны с намотанными на них многожильными кабелями для связи аппаратной с камерами, радиопередатчиком и силовой сетью.

Остановимся на характерных особенностях отдельных блоков.

Передающая камера в основных ее деталях была уже описана выше. К сказанному нужно добавить, что в комплекте объективов, применяемых при внестудийных передачах, наиболее короткофокусный объектов имеет обычно фокусное расстояние порядка 50 *мм* и охватывает поле с угловым размером примерно 35°. Этот объектив позволяет, например, воспроизвести на экране изображение всего футбольного поля стадиона. Наиболее длиннофокусный объектив, так называемый *телеобъектив*, имеет фокусное расстояние порядка 500—600 *мм* и угловой размер поля зрения примерно 3,5—4°. Такой объектив позволяет воспроизвести на экране крупным планом далеко удаленные предметы.

Камеры обычно не перемещаются во время передачи.

На передней панели одного из блоков находится небольшой коммутатор системы служебной связи. Режиссер, работающий у блока, может отдать распоряжение любому сотруднику (оператору камеры, технику блока управления камеры и т. д.).

Главное видеоконтрольное устройство содержит приемную и осциллографическую трубки.

Для радиосвязи передвижки с телевизионным центром выбирается обычно диапазон сантиметровых или дециметровых волн, так как по мере укорочения длины волны мощность, необходимая для создания заданной напряженности поля в некоторой точке пространства, уменьшается. Кроме того, на более коротких волнах конструктивно проще создать направленное излучение, а это эквивалентно еще большему уменьшению необходимой мощности передатчика. Для уверенной связи на расстоянии в несколько десятков километров при наличии остро направленного излучения и приема на сантиметровых волнах необходимая мощность измеряется сотыми долями ватта.



Фиг. 49. Радиопередатчик для связи передвижки с телецентром.

Связь на сантиметровых волнах значительно меньше подвержена влиянию индустриальных помех, имеющихся в условиях большого города (медицинские и другие аппараты, гармоники радиостанций и т. п.). Единственным ограничением этой системы связи является необходимость наличия прямой видимости между передающей и приемной антеннами. В условиях большого города это ограничение зачастую делает невозможным передачи из некоторых зрелищных предприятий.

Обе антенны (передающая и приемная) одинаковые. Приемная антенна обычно укрепляется на той же башне, где установлена передающая антенна телецентра. Антенна и радиопередатчик передвижной станции (фиг. 49) устанавливаются вблизи автобуса на крыше одного из ближайших высоких зданий. Передатчик обычно состоит из модуляторного каскада и клистронного генератора, связанного с антенным волноводом. Он расположен сзади параболического рефлектора в небольшом цилиндрическом кожухе и связан гибким

многожильным кабелем с блоком управления передатчиком, где находится стабилизированный выпрямитель.

В клистронном генераторе осуществляется *модуляция колебаний по частоте* путем подачи модулирующего напряжения на отражательный электрод клистрона.

Волноводная линия, выведенная из передатчика, заканчивается в фокусе параболического рефлектора. Такая излучающая система обеспечивает острую направленность (подавляющая часть энергии излучается в угле, равном нескольким градусам).

Приемник также обычно состоит из двух блоков. Один из них, как было отмечено, устанавливается на башне, а другой — в приемной аппаратной телецентра. В волновод приемной антенны вводится энергия от клистронного гетеродина, и с помощью кристаллического смесителя выделяются колебания промежуточной частоты. Эти колебания усиливаются в нескольких каскадах усилителя промежуточной частоты, передаются по кабелю в аппаратную, снова усиливаются и детектируются. Выделенные сигналы поступают затем на модулятор основного телевизионного передатчика.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ РАДИОПЕРЕДАТЧИК

Различие в характере передаваемых сигналов и в используемых длинах волн делает конструкцию телевизионного передатчика и его схемы отличными от конструкции схем передатчика звукового вещания.

Диапазон волн

В телевизионном вещании для передачи сигналов изображения принят способ амплитудной модуляции высокочастотных колебаний.

Как указывалось выше, частотный спектр передаваемых телевизионных сигналов занимает полосу частот от самых низких до 5—6 *мггц*. Для того чтобы из модулированных высокочастотных колебаний можно было выделить в приемнике передаваемый сигнал неискаженным, частота несущего колебания должна быть в несколько раз больше наивысшей из частот модулирующего спектра.

С этой точки зрения для целей телевизионного вещания можно было бы использовать короткие радиоволны, например двадцатиметровый диапазон. Однако использование коротких волн не практикуется по ряду соображений. Главное из них связано с особенностями их распространения. Как известно, короткие волны отражаются от верхних ионизированных слоев атмосферы. К месту приема короткие волны доходят двумя путями: вдоль земной поверхности и после отражения от ионосферы. Из-за различия в пути сигналы приходят к приемнику, отличаясь по фазе и амплитуде, и величина результирующего сигнала определяется как величинами складываемых сигналов, так и фазовым соотношением между ними.

Высота отражающей ионосферы и ее электрические свойства непрерывно меняются под влиянием изменения солнечной радиации, температурных колебаний, скоростей движения воздушных масс и т. д. Поэтому как амплитуда, так и *относительная* фаза отраженных волн все время меняется. При приеме радиовещательных станций это проявляется только в виде замирания, т. е. изменения силы принимаемого сигнала. Задержка во времени, измеряемая десятками микросекунд, на слух неразличима. При приеме же телевизионных сигналов колебания, дошедшие различными путями, создали бы на экране несколько сдвинутых по ходу развертки изображений, причем яркость вторичных контуров и их положение непрерывно бы изменялись.

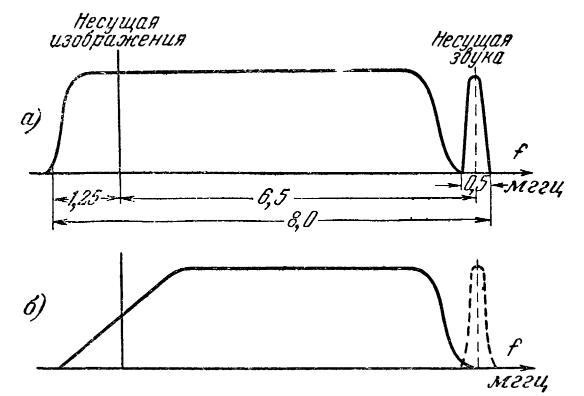
Другое важное соображение, по которому нерационально использовать короткие волны для целей телевизионных передач, заключается в том, что несколько телевизионных станций заняли бы весь коротковолновый диапазон, в котором работают тысячи радиовещательных станций.

Поэтому телевизионное вещание ведется в диапазоне *ультракоротких* (*метровых*) *волн.*

Вещание в диапазоне ультракоротких волн приводит к одному из наиболее значительных ограничений, свойственных современному телевидению, которое состоит в том, что радиус действия передающих станций составляет всего несколько десятков километров.

Прием ультракоротких волн происходит в основном лишь за счет энергии, распространяющейся вдоль земной поверхности, ибо волны этого диапазона не отражаются верхними ионизированными слоями, а проникают сквозь них и рассеиваются в мировом пространстве. «Земные» же волны рас-

пространяются почти прямолинейно подобно световым лучам. Явления огибания земной поверхности (дифракция) и преломления в атмосфере (рефракция) на волнах этого диапазона незначительны и дальность действия определяется в основном лишь кривизной земной поверхности и высотами подъема передающей и приемной антенн. Чем выше подняты антенны, тем бо́льшая часть сферической земной поверхности может быть охвачена телевизионным вещанием. Обычно уверенный и качественный прием телецентров производится на расстояниях примерно до 70 *км*.



Фиг. 50. Спектр излучения телевизионного и звукового радиопередатчиков (*а*) и кривая избирательности приемника (*б*).

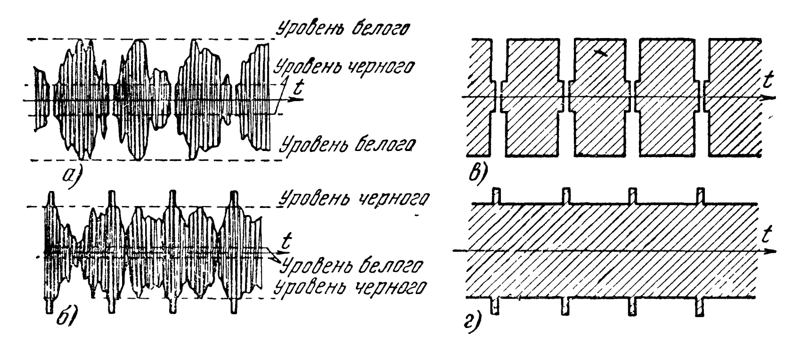
Телевизионное вещание в Советском Союзе в настоящее время производится в трех каналах. Несущие частоты телевизионных передатчиков равны 49,75, 59,25 и 77,25 *мггц*. Несущие частоты звукового сопровождения в этих каналах соответственно равны 56,25, 65,75 и 83,75 *мггц*.

При амплитудной модуляции несущей частоты сигналами изображения общая полоса частот результирующих колебаний равна двойной полосе модуляционных частот, т. е. для нашей системы составляла бы примерно 12 *мггц*. Однако почти двойное сокращение полосы частот достигается в применяемой системе передачи *с частично подавленной одной боковой полосой*. В этом случае в передатчике с помощью специального фильтра (описываемого ниже) или иным способом одна из боковых модуляционных полос частично подавляется и спектр излучаемого колебания принимает вид, изображенный на фиг. 50,*а*,

Произвести резкое подавление одной боковой полосы практически не представляется возможным, ибо фильтры не обладают столь резким спадом, чтобы при таком широком спектре частот можно было разделить частоты, отличающиеся всего на 50 *гц*. Фильтр частично пропускает колебания из нижней боковой полосы частот. Чтобы изображение в этом случае было неискаженным, кривая избирательности приемника должна иметь вид, изображенный на фиг. 50,*б*.

Полярность модуляции

Модуляция высокочастотных колебаний может быть позитивной или негативной. В первом случае (фиг. 51,*а*) амплитуда высокочастотных колебаний увеличивается вместе с ростом освещенности передаваемой детали изображения. При негативной же модуляции (фиг. 51,*б*), наоборот, наи-



Фиг. 51. Графики модуляции высокочастотных колебаний.
а — позитивная модуляция; *б* — негативная модуляция; *в* — огибающая при излучении сигнала белого поля (позитивная модуляция); *г* — огибающая при излучении сигнала черного поля (негативная модуляция).

более светлым участкам передаваемого изображения соответствует наименьшая амплитуда высокочастотных колебаний, а при передаче темных участков излучается максимальная мощность. Выше отмечалось, что гасящие сигналы должны соответствовать уровню черного, а для импульсов синхронизации отводится область «чернее черного», т. е. передаче импульсов синхронизации соответствует при негативной модуляции наибольшая амплитуда высокочастотных колебаний. При позитивной модуляции, наоборот, во

время передачи импульсов синхронизации излучение не производится.

Важным является вопрос о воздействии помех на изображение при различных способах модуляции. С этой точки зрения методы модуляции имеют некоторые различия. При негативной модуляции импульсные помехи, увеличивающие сигнал, проявляются в виде черных точек на экране, тогда как при позитивной модуляции эти же помехи приводят к тому, что изображение покрывается яркими точками, более заметными при наблюдении, чем темные.

Негативная модуляция имеет также то преимущество, что позволяет легко осуществить в приемнике систему автоматической регулировки усиления, так как в излучаемом сигнале независимо от содержания изображения в определенные моменты времени передаются сигналы с фиксированным уровнем, по которому может осуществляться автоматическая регулировка.

При негативной модуляции на излучение максимального сигнала затрачивается меньше энергии, чем при позитивной модуляции. Это утверждение иллюстрируется на фиг. 51,*в* и *г*. График *в* представляет собой огибающую высокочастотного колебания при позитивной модуляции, когда излучается максимальная мощность, что соответствует передаче белого поля. На графике *г* показана огибающая высокочастотного колебания при негативной модуляции, когда передается черное поле, т. е. также излучается максимальная мощность.

Как видно из фиг. 51, амплитуды высокочастотных колебаний гасящих и синхронизирующих импульсов при передаче постоянны, т. е. в излучаемых сигналах присутствует постоянная составляющая. Необходимость в ее восстановлении на выходе передатчика поясняется следующим.

Во-первых, если уровень черного зафиксирован, то рабочие участки сеточных характеристик усилительных ламп могут быть не больше, чем максимальный размах сигналов. Это поясняется на фиг. 52, где изображены формы напряжений телевизионных сигналов для случаев передачи белого поля и черного поля с узкой вертикальной белой полосой. На фиг. 52,*а* уровень черного и синхроимпульсов остается неизменным вне зависимости от содержания изображения, а на фиг. 52,*б* уровень черного меняется, тогда как среднее значение переменного напряжения остается неизменным. Во втором случае рабочий участок сеточной характеристики

U_2 значительно больше размера сигналов U_1 и потому мощность, потребляемая лампами от источника питания, используется нецелесообразно.

Во-вторых, в приемниках непосредственно за детектором при этом можно использовать видеоусилительный каскад постоянного тока (без разделительных конденсаторов). Если бы напряжение на выходе детектора не содержало постоянной составляющей, то для фиксации все равно пришлось бы установить диод. Ясно, что проще усложнить один передатчик, чем тысячи приемников.

Фиг. 52. При излучении сигналов с постоянной составляющей улучшается использование ламп.

Схемы передатчиков

На фиг. 53 приведены две блок-схемы телевизионных передатчиков.

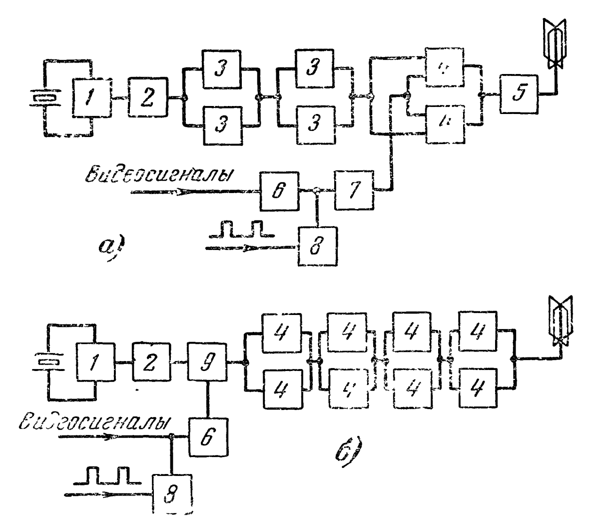
В схеме фиг. 53,*а* умножение частоты и последующее усиление высокочастотных сигналов вплоть до оконечного каскада производятся в *узкополосном* усилителе и модуляция осуществляется в сеточной цепи оконечного каскада.

В схеме фиг. 53,*б* модуляция осуществляется на низком уровне мощности высокочастотных колебаний. После модулятора устанавливается несколько мощных *широкополосных* высокочастотных усилителей. Частотные характеристики каждого каскада подобраны так, что результирующая характеристика передатчика обеспечивает подавление нижней боковой полосы модулированных частот.

При модуляции на высоком уровне высокочастотные каскады, предшествующие модулируемому, являются узкополосными и эффективными с точки зрения использования мощности источников питания. Однако требуется весьма

мощный модулирующий видеоусилитель. Нижняя боковая полоса модулированных частот подавляется с помощью фильтра на выходе передатчика.

В последнее время более широко используется схема фиг. 53,*б*, так как в этом случае передатчики обладают более высоким к. п. д.



Фиг. 53. Блок-схемы телевизионных радиопередатчиков

1 — генератор высокой частоты; 2 — умножитель частоты; 3 — мощный узкополосный высокочастотный усилитель; 4 — мощный широкополосный высокочастотный усилитель; 5 — фильтр одной боковой частоты; 6 — видеоусилитель напряжения; 7 — мощный видеоусилитель (модулятор); 8 — устройство для восстановления постоянной составляющей; 9 — модулятор.

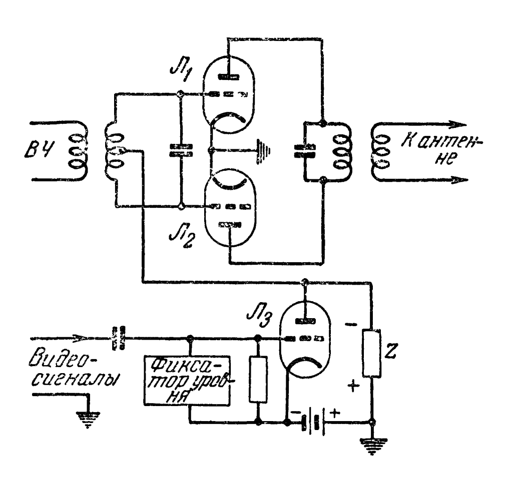
Задающие генераторы обычно стабилизируются кварцем и обеспечивают высокую стабильность несущей частоты.

Модулятор телевизионного передатчика обычно состоит из широкополосного видеоусилителя, схемы для восстановления постоянной составляющей телевизионных сигналов (путем фиксации уровня черного) и оконечного модулирующего каскада.

В большинстве телевизионных передатчиков используется сеточная модуляция.

Упрощенная схема модулятора изображена на фиг. 54. Высокочастотные колебания вводятся в сеточную цепь ламп

$Л_1$ и $Л_2$. Катоды ламп, а также положительный полюс источника питания модуляторной лампы $Л_3$ заземлены. Анод лампы $Л_3$ соединен со средней точкой сеточной катушки ламп $Л_1$ и $Л_2$. Отрицательное (относительно катодов) смещение на сетки этих ламп образуется за счет падения напряжения, создаваемого анодным током лампы $Л_3$ на сопротивлении Z. На сетку лампы $Л_3$ подаются сигналы в положительной полярности (черное соответствует минимальному напряже-



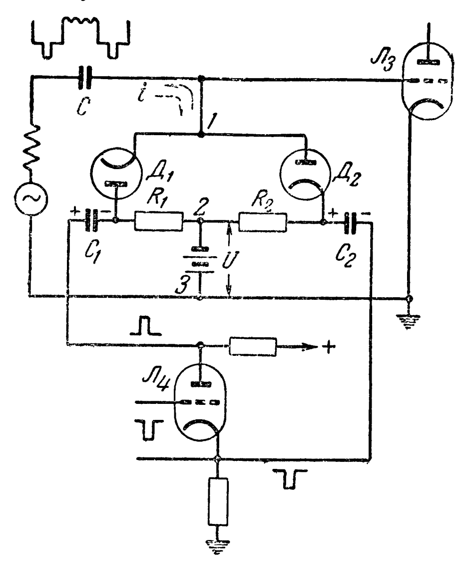
Фиг. 54. Схема сеточной модуляции телевизионного передатчика.

нию, белое — максимальному), а режим этой лампы подобран так, что при прохождении синхроимпульсов падение напряжения на сопротивлении Z равно напряжению запирания ламп $Л_1$ и $Л_2$. В этом случае одну половину периода высокочастотного колебания проводит лампа $Л_1$, а другую половину — лампа $Л_2$.

При увеличении сигнала на сетке лампы $Л_3$ ее анодный ток и, следовательно, смещение на сетке ламп $Л_1$ и $Л_2$ увеличиваются. Каждая из ламп двухтактного каскада проводит промежуток времени, меньший чем $^1/_2$ периода, а значит, амплитуда высокочастотного сигнала уменьшается. Таким образом осуществляется негативная модуляция.

В цепи сетки оконечного каскада модулятора осуществляется фиксация уровня черного. Для этой цели обычно используется схема, подобная приведенной на фиг. 55.

Роль ключа в идеализированной схеме, приведенной на фиг. 42, в данной схеме выполняют два последовательно соединенных диода, периодически отпираемых узкими прямоугольными импульсами положительной и отрицательной полярности. Длительность и моменты появления управляющих импульсов согласованы с телевизионным сигналом. Обычно управляющие импульсы появляются после окончания син-



Фиг. 55. Схема для восстановления постоянной составляющей.

хроимпульсов и заканчиваются до окончания гасящих импульсов.

Анод диода $Д_1$ и катод диода $Д_2$ соединены соответственно с концами сопротивлений R_1 и R_2; точка соединения сопротивлений подключается к батарее смещения с напряжением U. Постоянные времени R_1C_1 и R_2C_2 должны быть значительно больше, чем длительность управляющих импульсов.

Предположим, что в начале телевизионный сигнал отсутствует. При включении источника импульсов конденсаторы C_1 и C_2 начинают заряжаться. Зарядный ток протекает через открывшиеся под воздействием импульсов диоды. Через некоторое время сумма напряжений на конденсаторах достигает суммы пиковых значений импульсов, и в промежутки

времени между импульсами диоды оказываются запертыми отрицательным смещением, которое создается разрядным током конденсаторов C_1 и C_2, протекающим по сопротивлениям R_1 и R_2.

Когда действуют импульсы и протекает зарядный ток, разность потенциалов между точками *1* и *3* равна разности потенциалов между точками *2* и *3*, т. е. равна напряжению батареи смещения (предполагается, что диоды идентичны, $R_1 = R_2$ и $C_1 = C_2$). Этот вывод непосредственно следует из схемы.

Источником телевизионного сигнала является предшествующий усилительный каскад. Величина сигнала в моменты подачи управляющих импульсов может иметь следующие значения:

1. Напряжение сигнала равно U. В этом случае за время действия импульса разделительный конденсатор C не изменит своего заряда, т. е. ток i равен нулю, а ток диода $Д_1$ равен току диода $Д_2$. По прекращении действия импульсов заряд конденсатора C также не меняется, ибо диоды заперты.

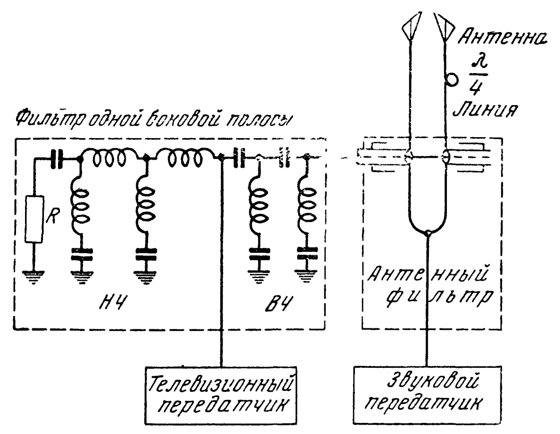
2. Напряжение сигнала меньше или больше чем U. В этом случае при появлении импульсов потечет ток i, вызванный разностью между напряжениями сигнала и батареи, причем направление тока определится знаком этой разности. Так как постоянная времени цепи перезаряда конденсатора C выбирается меньше, чем длительность импульсов, то за время действия последних конденсатор перезарядится, ток i практически уменьшится до нуля, следовательно, и напряжение между сеткой выходной лампы $Л_3$ и ее катодом снова станет равным U.

Таким образом, в промежутки времени действия управляющих импульсов сеточное напряжение выходной лампы приводится к строго определенному уровню фиксации. По прекращении импульсов заряд конденсатора C не меняется и потому все изменения напряжения видеосигнала неискаженно воспроизводятся на сетке лампы $Л_3$.

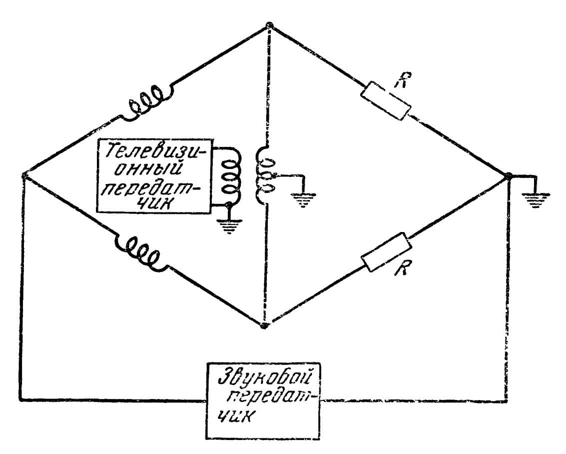
Достоинствами описанной схемы по сравнению с рассмотренной нами ранее являются стабильность уровня фиксации независимо от полярности сигналов, а также возможность фиксации любого заданного участка сигнала. Вместо двух диодов можно использовать два триода. В этом случае отпадает необходимость в том, чтобы напряжение

управляющих импульсов было больше напряжения видеосигналов.

В схемах передатчиков с модуляцией в оконечном каскаде (фиг. 53,*а*) обычно используется фильтр, частично подавляющий нижнюю боковую полосу частот модулированных колебаний. Возможная схема такого фильтра приведена на фиг. 56. Он состоит из трех секций. Низкочастотное звено поглощает ту часть энергии, которая нежелатель-



Фиг. 56. Фильтры, устанавливаемые между передатчиком и антенной.



Фиг. 57. Эквивалентная схема антенного фильтра.

на в спектре излучения. Эта энергия рассеивается в активном сопротивлении R. Пропускаемая часть спектра проходит через высокочастотный фильтр.

Все звенья фильтра выполняются из коаксиальных короткозамкнутых отрезков линий. Так, например, последовательные резонансные контуры образуются отрезками линий в $^1/_2$ длины волны, а индуктивности — линиями короче $^1/_4$ длины волны.

Сигналы обоих передатчиков подводятся к антенному фильтру, эвивалентная схема которого изображена на фиг. 57. Плечи моста, включающие активные сопротивления, соответствуют двум антенным излучателям, на которые нагружаются оба передатчика.

Так как мост сбалансирован, то колебания от звукового передатчика не проходят к телевизионному передатчику и наоборот.

Передающая антенна

Нормы на телевизионное вещание, принятые в нашей стране, предусматривают горизонтальную поляризацию волн (вектор напряженности электрического поля находится в горизонтальной плоскости). При горизонтальной поляризации получается более выгодное соотношение между сигналом и помехами, меньшие искажения, связанные с многократными отражениями, более простая конструкция передающей антенны и т. п. Передающая антенна обычно располагается в центре территории, которая обслуживается телецентром, поэтому в горизонтальной плоскости необходимо ненаправленное излучение.

Два горизонтальных диполя, установленных под прямым углом, при питании их токами, сдвинутыми по фазе на 90°, обеспечивают ненаправленное излучение в горизонтальной плоскости. Фазовый сдвиг легко осуществить, если длину одного питающего фидера сделать больше длины другого на $^1/_4$ длины волны.

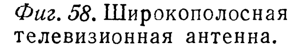
Широкополосная телевизионная антенна была разработана лауреатом Сталинской премии Б. В. Брауде. В этой антенне широкополосность обеспечивается за счет придания вибраторам сложной формы (фиг. 58), где каждая пара решетчатых пластин представляет собой плоскостной симметричный вибратор.

На фиг. 59 изображена другая конструкция широкополосной телевизионной антенны, у которой плоскостные

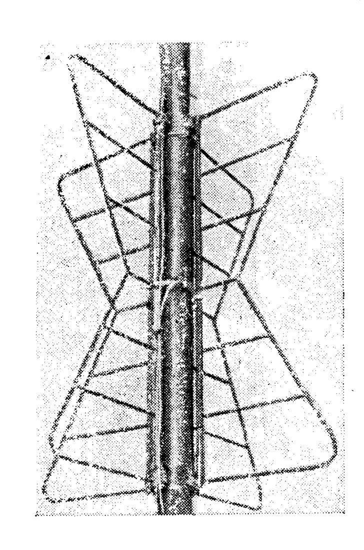
вибраторы спариваются и им придается форма буквы Ж. Такие вибраторы в диапазоне ультракоротких волн обеспечивают пропускание полосы частот порядка 15—20% от величины несущей частоты.

Для создания необходимой направленности в вертикальной плоскости антенная система делается многоэтажной.

При увеличении числа излучателей характеристика направленности в вертикальной плоскости «прижимается» к земле, т. е. меньшая часть энергии бесполезно излучается в пространство, а это эквивалентно повышению мощности передатчика. Эффективное увеличение мощности оценивается коэффициентом направленности (по мощности). Для трехэтажной антенны он равен примерно 3,2. Это означает, что если, например, мощность в оконечном каскаде передатчи-



Фиг. 58. Широкополосная телевизионная антенна.



Фиг. 59. Антенна с Ж-образными вибраторами.

ка равна 5 *квт*, то напряженность поля, создаваемая направленным излучателем, будет такой же, какая создавалась бы ненаправленным излучателем при мощности передатчика, равной 16 *квт*.

Вибраторы антенн изготовляются из стальных труб.

Передатчик звукового сопровождения

Частота несущего колебания звукового сопровождения должна быть выше частоты несущего колебания изображения на 6,5 *мггц*. Такой сравнительно небольшой разнос частот несущих колебаний выбран для того, чтобы в телевизионных приемниках можно было использовать ряд цепей для совместного усиления сигналов.

В передатчике сигналов звукового сопровождения используется *частотная модуляция*. Преимущество применения частотной модуляции по сравнению с амплитудной заключается главным образом в увеличении отношения полезного сигнала к помехам на выходе приемника.

Обычно пиковая мощность телевизионного передатчика в 2 раза больше мощности звукового передатчика. Максимальное отклонение несущей частоты от ее среднего (немодулированного) значения при передаче наиболее громких звуков составляет ± 75 *кгц*.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

Глава первая. **Получение и усиление сигналов изображения**

Внешний фотоэффект (12). Вторичная эмиссия (14). Иконоскоп (16). Трубка Шмакова-Тимофеева (21). Ортикон с переносом изображения (23). Трубка с фотосопротивлением (27). Усиление сигналов изображения (28).

Глава вторая. **Вспомогательные сигналы и их формирование**

Форма телевизионного сигнала (31). Принципы построения схем синхрогенераторов (41). Элементы схем синхрогенераторов (44). Блок-схема синхрогенератора (55).

Глава третья. **Телевизионный центр**

Телевизионная студия (60). Передающая камера (62). Телевизионная аппаратная (67). Телевизионная киноаппаратура (75). Внестудийные передачи (80).

Глава четвертая. **Телевизионный радиопередатчик**

Диапазон волн (83). Полярность модуляции (86). Схемы передатчиков (88). Передающая антенна (94). Передатчик звукового сопровождения (96).

Цена 2 р. 20 к.